

Universitat de Lleida



UNIVERSITAT DE LLEIDA
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA

REALITZACIÓ D'UNA TARIFA DE CUBICACIÓ PEL FAIG (*Fagus sylvatica* L.) A LA ZONA DE VIDRÀ (OSONA)



TREBALL PRÀCTIC TUTORAT

Alumne: Arnau Vaqué Parés

Tutor: Ricardo Blanco Ortiz

Enginyeria Tècnica Forestal E.F

17 de Desembre 2010

AGRAÏMENTS

Principalment, agrair la col·laboració en aquest Treball Pràctic Tutorat del professor Ricardo Blanco Ortiz que forma part del Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal, per haver aportat la seva informació i temps en l'elaboració d'aquest treball. També agrair la participació i col·laboració en aquest Treball Pràctic Tutorat d'en Jordi Jurgens, tècnic de la Oficina Tècnica de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona i en Joan Carles Àngel, enginyer de forest de l'Associació de propietaris Serra de Bellmunt – Collsacabra.

També agrair la col·laboració de la Núria Espunya, a tots els propietaris de les finques, Josep Soldevila, al motoserrista Josep Anglada , al seu fill Jordi Anglada i a tots aquells que han fet possible i que han col·laborat directament o indirectament en la realització d'aquest TPT.

Sobretot agrair a la meva família el suport durant l'elaboració d'aquest treball.

A tots ells moltes gràcies.

INDEX

1. INTRODUCCIÓ	1
1.1. DESCRIPCIÓ DE <i>FAGUS SYLVATICA</i> L	2
1.1.1. TAXONOMIA	2
1.1.2. ÀREA DE DISTRIBUCIÓ	3
1.1.3. ECOLOGIA	4
1.1.3.1. LITOLOGIA	4
1.1.3.2. CLIMATOLOGIA	5
1.1.3.3. TEMPERAMENT	6
1.1.3.4. DESCRIPCIÓ MORFOLÒGICA DE L'ESPÈCIE	6
1.1.4. SILVICULTURA.....	8
1.1.4.1. FORMES FONAMENTALS DE MASSA	9
1.2. DESCRIPCIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI	14
1.2.1. SITUACIÓ GEOGRÀFICA I EXTENSIÓ	14
1.2.2. SITUACIÓ LEGAL I ADMINISTRATIVA.....	16
1.2.3. RELLEU I GEOLOGIA	17
1.2.4. CLIMA	17
1.2.5. VEGETACIÓ	18
1.2.6. GESTIÓ DE LES FINQUES	19
1.3. LES TARIFES DE CUBICACIÓ EN L'ÀMBIT FORESTAL.....	20
1.3.1. CONCEPTES BÀSICS	20
1.3.2. CLASSES DE TARIFES DE CUBICACIÓ	21
1.3.3. TARIFES DE CUBICACIÓ TERRESTRES.....	22
1.3.3.1. TARIFES D'ARBRES INDIVIDUALS D'UNA ENTRADA	22
1.3.3.2. TARIFES D'ARBRES INDIVIDUALS DE DUES ENTRADES	24
1.4. JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI	26
1.5. APROFITAMENT I MERCAT DE LA FUSTA DEL FAIG	27
1.5.1. APROFITAMENT DE LA FUSTA DEL FAIG	27
1.5.2. MERCAT DEL FAIG	28

2. OBJECTIUS	30
3. MATERIALS I MÈTODES	32
3.1. INVENTARI	33
3.1.1. PRIMERA FASE: SELECCIÓ DELS RODALS.....	33
3.1.2. SEGONA FASE: DETERMINACIÓ I PRESA DE DADES DE LES PARCEL·LES.....	34
3.1.3. TERCERA FASE: TALLADA.....	39
3.2. ANÀLISIS DENDROMÈTRIC.....	41
3.2.1. ANÀLISIS DELS TESTIMONIS DE FUSTA	41
3.3. ANÀLISI ESTADÍSTIC	42
3.3.1. CÀLCUL DEL VOLUM DELS ARBRES	43
3.3.2. MODELS ANALITZATS	44
3.3.3. COMPARACIÓ DE LES TARIFES EXISTENTS AMB LES OBTINGUDES.....	46
4. RESULTATS	47
4.1. DETERMINACIÓ DEL TAMANY DE MOSTRA	48
4.2. DIAGNOSI DELS MODELS ESTUDIATS	51
4.3. VALIDACIÓ DELS MODELS	53
4.4. VOLUM ESTIMAT PEL MODEL PROPOSAT.....	56
4.5. TAULES DE CUBICACIÓ DEL MODEL PROPOSAT SEGONS QUALITAT.....	59
5. CONCLUSIONS	63
6. BIBLIOGRAFIA	65
7. ANNEXES	69
7.1. ANNEX 1	70
7.2. ANNEX 2	74
7.3. ANNEX 3	76
7.4. ANNEX 4	82

1.INTRODUCCIÓ

1.1. DESCRIPCIÓ DE *Fagus sylvatica* L.

1.1.1. TAXONOMIA

El gènere *Fagus* pertany a la família de les fagàcies i està format per 14 espècies, totes distribuïdes per l'hemisferi nord. L'espècie *Fagus sylvatica* és endèmica del continent europeu. És una espècie recent, originada en l'última glaciació. Es tenen registres pol·línics d'importants fagedes als Carpats fa uns 9000 anys i fa aproximadament 5000 anys va arribar a la conca del Roine i a la façana atlàntica. La seva millor adaptació al fred que el seu ancestre va permetre la seva ràpida recuperació a Europa durant l'Holocè.

Els fòssils més antics del gènere *Fagus* apareixen en jaciments del Oligocè, tot i que els fòssils més antics del gènere *Fagus* trobats a Espanya en jaciments de Girona, Lleida i Mallorca, daten del Miocè (25 milions d'anys enrere); Es creu que en el Miocè, el gènere *Fagus* va experimentar una forta expansió i diversificació, cosa que va donar lloc a una gran variació taxonòmica i genètica (Agúndez *et al.*, 1995).

La gran existència d'àrees de refugi de les glaciacions a Espanya permet establir un model d'evolució de les fagedes pel qual es poden donar dos orígens:

- El primer origen seria el resultat d'una migració est-oest a partir de les poblacions que van sobreviure en els refugis dels Carpats i els Balcans. Aquestes migracions haurien arribat a Espanya fa uns 3000 anys. (Costa *et al.* (1990) i Martínez i Morla (1992))
- El segon origen seria derivat de l'extensió de les poblacions dels refugis situats a la Serralada Cantàbrica i Catalunya. La presència de l'espècie en l'estatge basal del País Basc i de la Garrotxa fa més de 4000 i 7000 anys respectivament, reforça aquesta idea. Després de la glaciació i a partir d'aquestes zones baixes (menys de 500 m) i humides, es va estendre cap a l'estatge montà buscant més humitat i frescor. (Costa *et al.* (1990) i Martínez i Morla (1992))

Actualment el faig presenta una gran uniformitat taxonòmica tot i que existeixen diverses varietats de cultiu en jardineria.

A Catalunya, al igual que d'altres espècies, *Fagus sylvatica* és conegut amb diferents noms comuns.

El seu nom prové de *Fagus* que és un nom comú en llatí i *sylvatica* que significa “que creix en els boscos”. Els noms comuns en altres llengües, així com els noms comercials més comuns a Catalunya, apareixen a la **Taula 1**

TAULA 1. Noms comuns del Faig (Serrada, et al 2008)

Català	Faitg, Faix, fatch, fai, fago.
Castellà	Haya, Faya, Fago
Euskera	Pago,Paga,Pagoa,Payo
Gallec	Faia
Aranès	Hai.
Portuguès	Faia, faia comum
Anglès	Beech, common beech, European beech.
Francès	Hêtre, Hêtre commun.
Alemanys	Gemeine Buche, Rotbuche, Buche

1.1.2. ÀREA DE DISTRIBUCIÓ

L'àrea de distribució del faig comprèn des dels 38° N a Sicília als 60° N a Escandinàvia. Així el límit superior pot arribar fins als 2300 m a l'extrem sud sicilià i el límit inferior pot ser pràcticament des de ran de mar o pujar fins als 1000 m. (Terradas, 1984)

El faig troba el límit sud-occidental de la seva àrea natural a Espanya, ocupant aproximadament unes 365.000 ha, on la majoria d'elles es troben al Nord, refugiant-se en les parts altes d'influència atlàntica, presentant una distribució més o menys continua al llarg de la Serralada Cantàbrica i més compartimentada al Prè-Pirineu, Pirineu i Sistema Ibèric.

La superfície més gran de faig a Espanya la trobem a Navarra, amb unes 135.000 ha .

A Catalunya, l'espècie ocupa una extensió d'unues 29.000 ha. (CREAF, 2002)

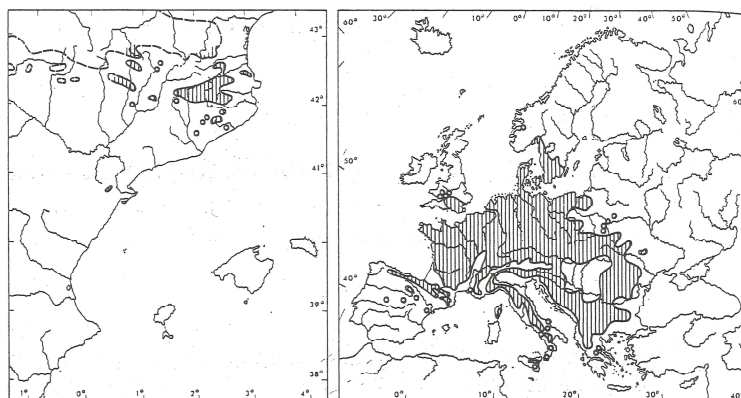


FIG. 1. Àrea de distribució del faig a Catalunya i Europa. (De Bolòs, i Vigo, 1990)

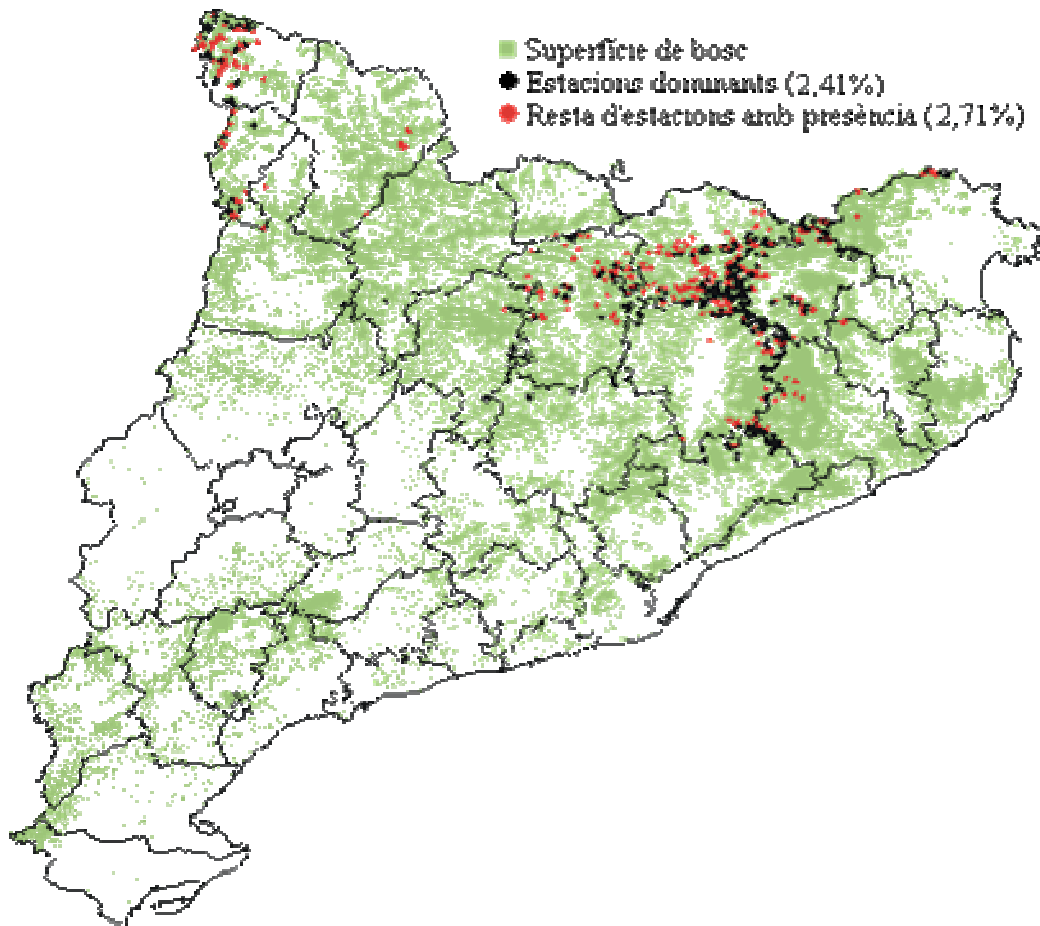


FIG 2. Presència del Faig a Catalunya. (Web CREAM (2003)).

1.1.3. ECOLOGIA

1.1.3.1. LITOLOGIA

Podem dir que el faig és una espècia indiferent pel què fa el tipus de sòl. El podem trobar des de valors de pH de 4'5 fins a 8'5 tot i que l'òptim sembla estar entre 6 i 8.

La major part d'autors coincideixen en afirmar que el faig evita els sòls molt humits o entollats (Ceballos, i Ruiz de la Torre, 1979; Terradas, J 1984).

Els sòls calcaris són en general, més calents i més secs que els silícics, cosa que repercuteix en el límit meridional de la fageda, on el podem trobar refugiat a les obagues de zones silíciques.

Un element que podria influir en el comportament del faig és el calci, però aquest element és absorbit en poca quantitat pel faig, cosa que fa pensar que podem trobar el faig a zones calcàries degut a que té més facilitats en el drenatge del sòl.

Donat que les arrels del faig són majoritàriament poc profundes, el medi on es troben sovint sol ser força àcid. La pròpia fulla del faig, pobre en nutrients, tendeix a proporcionar un sòl mor àcid.

Un aspecte important del sòl de la fageda, que es relaciona directament amb el clima, és la formació d'una capa més o menys gruixuda de fullaraca. En llocs relativament secs, i sobre sòls àcids, la descomposició és més lenta i això provoca que es formin acumulacions més importants de virosta, cosa que pot arribar a ser un problema per a la germinació. Aquest és un dels factors que explicaria l'escàs sotabosc herbaci de les fagedes (Terradas, 1984).

A Espanya les fagedes es troben en sòls amb textures i acidesa diverses, presentant-se amb major freqüència amb textures llimoses i d'acidesa moderada (Terradas, 1984).

A Minguell, J (2005) la major part de les fagedes de Catalunya es troben en sòls tipus Cambisols i les millors qualitats d'estació es donen en sòls poc llimosos, amb escassa o nul·la presència de calç activa i de tipus mull càlcic o mull forestal oligotròfic/moder, que es desenvolupen sobre calcàries arenoses i descarbonatades i/o sobre roques silíciques franco-arenoses.

1.1.3.2. CLIMATOLOGIA

El faig és una espècie de la zona nemoral (Walter, 1976), típic de zones temperades amb hivern acusadament fred però no massa llarg, de l'hemisferi nord.

El rang de temperatures mitjana oscil·la entre els -15°C del mes més fred als 25°C del mes càlid. El faig és molt sensible a les gelades tardanes de primavera. Segons diversos autors la resistència al fred és considerable, a Espanya el lliandar és d'uns -25°C (Ceballos, i Ruiz de la Torre, 1979).

Holmsgraard (1958), va observar que a temperatures inferiors als -1°C mataven la flor, també va observar generalment a la primavera, que temperatures inferiors entre -1 i -3°C són letals pels brots joves. Aquests brots joves perden les gemmes adventícies cosa que provoca que no puguin dur a terme una segona brotació (Terradas, 1984).

El període de gelades mostra un rang ampli; gelades segures de 0 a 5 mesos i provables de 3 a 6 mesos. A l'hivern els borrons en repòs aguanten temperatures de -20°C i -30°C (Terradas, 1984).

El faig té un rang de precipitacions anuals molt ampli, des de 500 mm (nord de Suècia) fins a 1651 mm (Còrsega). A la península, Ceballos i Ruiz de la Torre (1979) fixen una precipitació anual mínima de 600 mm i una precipitació mínima a l'estiu de 150 mm.

El que realment és limitant pel faig és l'existència d'un període de sequera estival, sobretot la seva durada, cosa que soluciona situant-se en estacions amb una freqüent presència de precipitacions horitzontals.

1.1.3.3. TEMPERAMENT

El faig presenta en la seva distribució geogràfica una important ambivalència ja que tant pot créixer sota la seva coberta en la seva joventut com créixer força eficaçment com a colonitzadora d'espais oberts. El faig es mostra força tolerant en les seves primeres etapes però amb l'edat es mostra cada cop més intolerant.

Les plàntules tenen la capacitat de germinar en condicions de cobertura força densa, fins al punt de ser capaces de germinar sota la protecció del bosc adult, on la insolació es redueix a nivells de 1/50 i 1/100 respecte a la que incideix a les capçades (Famades, 1996).

En canvi quant l'arbre ja és adult, aquest necessita de la llum directa, no admet bé la insolació directe fins assolir els 20 anys (Terradas, 1984)

Podem considerar al faig com una espècie competidora degut a la seva facilitat de germinació sota ombra i perquè un cop establerta la fageda, aquesta crea unes condicions límit per a l'establiment de sotabosc (Famades, 1996).

Existeixen un ventall d'espècies forestals que acompanyen al faig i que compateixen amb ell amb més o menys eficàcia, depenent dels espais que s'obrin en la coberta arbòria.

El faig manifesta una excel·lent capacitat d'utilització de l'espai per a la fotosíntesis, amb fulles d'ombra i fulles de llum, la qual cosa explica la seva magnífica reacció a les aclarides, fins i tot a edats avançades.

1.1.3.4. DESCRIPCIÓ MORFOLÒGICA DE L'ESPÈCIE

El faig és un arbre caducifoli, de fulles verd clar que adquireixen un color daurat vermellós quan arriba la tardor. Les fulles són simples, alternes, ovades, amb el marge amb pèls fins i sedosos, enter o lleugerament dentat, sovint sinuós i amb els nervis

secundaris ben marcats. Aquests pèls blancs i sedosos poden desaparèixer quan les fulles són adultes.

Les fulles s'agrupen en dos tipus de ramells per tal d'assolir un aprofitament màxim de la llum, uns de llargs i de creixement simpòdic ràpid, que els dóna una forma de zig-zag a l'extrem de les branques i els altres, més curts i en posició lateral, de creixement més lent (Terradas, 1984).

El faig és un arbre monoic amb flors femenines i masculines. Les flors masculines, formades per 8-12 estams, s'agrupen de 15 a 20 en aments ciliats que pengen de peduncles desenvolupats a les axil·les de les fulles, a la base de les branques joves. Les flors femenines també apareixen agrupades, generalment per parelles i recobertes per un involucre comú.

Les gemmes són molt característiques: fusiformes, molt agudes i amb nombroses esquames coriàcies de color rogenc, imbricades i enganxoses.

Els fruits, les fages, són de color castany lluent, pesades, d'uns 2-3 cm, amb parets coriàcies i llustroses. Les fages s'agrupen de dues en dues en una infructescència, dins una cúpula llenyosa coberta d'espines, que quan s'obre, les deixa caure a terra.

El tronc és recte i esvelt, d'escorça llisa, que passa d'un verd fosc en estats juvenils a un gris cendrós en peus adults. La fusta és de color clar amb uns radis marronosos característics.

L'arquitectura del faig ve marcada per un baix domini apical i per la tendència al policiclisme relacionada amb la insolació, el vigor, la qualitat d'estació, la joventut i la procedència (Tristany, 2000).

La qualitat d'estació i el tipus de gestió realitzat sobre les masses de faig són els dos factors que marquen el port arbori de l'espècie (Terradas, 1984).

Així, de manera esquemàtica es poden definir quatre grans tipus d'arbres:

-Arbres Tipus I, amb branques només a la part terminal del tronc, localitzats en boscos densos i gestionats per producció de fusta de qualitat.

-Arbres Tipus II, amb branques i fulles molt distribuïdes al llarg del tronc, localitzats en boscos amb densitats defectives.

-Arbres Tipus III, són aquells que presenten branques des de la mateixa base del tronc, donat que han crescut aïllats o en marges i clarianes, sense gestió forestal directa.

-Arbres Tipus IV, són aquells que no presenten un eix principal, pròpia de zones gestionades per a l'aprofitament de llenyes.

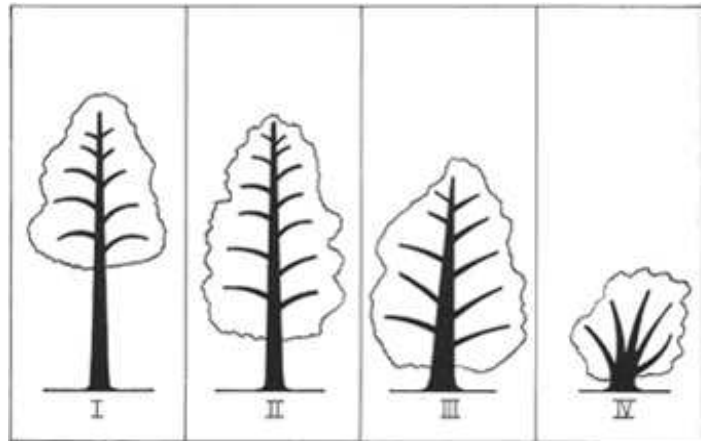


FIG 3. Diferents tipus morfològics del faig. (Terradas, 1984).

Les arrels del faig, són quasi sempre superficials i poc profundes, tot i que en sòls profunds poden assolir un sistema radicular en forma de cor. Les arrels més profundes no solen sobrepassar els 50cm. de fondària, responent a una estructura axonomorfa, presentant un grapat d'arrels relativament grosses i de dimensions semblants que porten gran quantitat d'arrels fines (Terradas, 1984).

1.1.4. SILVICULTURA

Més de cent cinquanta anys d'experiència en la gestió dels dotze milions d'hectàrees de faig que poblen Europa, juntament amb una tradició d'investigacions silvícoles, també centenària, avalen suficientment els coneixements tècnics i científics necessaris per a la conservació i desenvolupament de les fagedes (Madrigal, et al. (1992) i Lanier (1994)). Espanya aporta poc més de 333.000 ha a la fageda europea, encara que el fet que aquestes masses siguin el límit sud occidental de l'àrea de l'espècie, i suposin en moltes localitzacions un trànsit del domini dels boscos boreals al domini mediterrani, o siguin formacions mediterrànies, afegeix importància a una superfície forestal no excessivament extensa, (Madrigal, et al. 1992).

Abordar el tema de la gestió de les fagedes sota un context de sostenibilitat suggereix fer-ho des d'una perspectiva històrica degut a la importància dels seus ancestrals usos i aprofitaments, com ha estat el ramader, llenyes, carboner, destil·lació i fustes, sense oblidar-nos dels serveis ecològics i els usos terciaris (fongs, recursos cinegètics, recreatius, i de paisatge).

Per facilitar el desenvolupament de les diferents tècniques aplicades, es va estructurar aquest punt en els següents apartats.

1.1.4.1. FORMES FONAMENTALS DE MASSA

El faig, al igual que la major part de les frondoses ibèriques, pot reproduir-se tant de forma sexual, mitjançant llavors, com de forma vegetativa, mitjançant rebrots de soca, mai des de l'arrel. Aquesta doble possibilitat ens obliga a plantejar-nos de forma prèvia l'elecció de la forma fonamental de massa.

El bosc baix va ser la forma fonamental de massa més utilitzada en les fagedes quan era generalitzat l'aprofitament per la obtenció de llenyes i carbó vegetal. Tradicionalment les fagedes de bosc baix s'han tractat amb torns de 8, 15 o 20 anys (Ceballos i Ruiz de la Torre, 1979). Tessier du Cross (1981) va proposar la utilització del mètode únicament en estacions amb alts nivells de radiació (àrea meridional de l'espècie, zones de muntanya), i senyala la utilització d'aquest mètode, fora de les condicions esmentades com la causa principal de la desaparició de les fagedes en nombroses estacions de França.

Tessier du Cross (1981) proposa gestionar el bosc baix de faig seguint un procediment general de bosc baix irregular (bosc baix amb tallada d'escollida) que busca una mescla d'edats dels peus de cada soca. El temps de pas és el que ens definirà l'interval entre tallades, tirant-se en cada intervenció els brots amb diàmetre màxim.

A la hora de plantejar el mètode de benefici de bosc baix, és important saber quina és l'edat en què la soca pot rebrotar per primer cop i l'edat en la qual la soca perd la seva capacitat de rebrot. En el cas del faig, es recomana que el primer rebrot no es retardi més enllà dels 20 anys, i l'edat màxima de rebrot es fixa en 50-70 anys.

Aquestes dues edats condicionen el número màxim de tallades (normalment 3 o 4) que se li poden donar a la soca, abans de plantejar-se la regeneració sexual de la fageda i el canvi cap a bosc alt.

El bosc baix de faig, constitueix una forma fonamental de massa altament artificialitzada, i el seu manteniment requereix de l'atenció cuidadosa i continuada per part del gestor. En cas contrari, es produeix un estancament i envelliment de la fageda en bosc baix, on la seva degradació es considera un estat previ a la seva desaparició.

La baixa demanda de llenyes i l'interès per naturalitzar aquestes masses de bosc baix, fan que en la majoria de fagedes ibèriques en bosc baix s'apliquin tractaments de conversió a bosc alt.

El bosc mitja constitueix casos testimonials a la Península Ibèrica, ja que més que un sistema de gestió estable i continu en el temps, es considera una etapa de pas cap al bosc alt. Per això es planteja una aclarida de conversió (semblant a una aclarida en bosc alt) on es seleccionaran un o com a màxim dos brots per soca (els millors), de manera que a la primera intervenció es mantingui una densitat mitja de 1000 brots/ha, que tindran una aparença de perxada o fustal jove, evitant discontinuïtats en el vol superiors en superfície al 25%. El ràpid creixement en diàmetre i el desenvolupament de les copes dels individus d'aquest estrat superior afavoreix el control sobre el rebrot i la acumulació de matèria orgànica. En següents etapes s'aplicaran aclarides selectives, reservant els brots dominants de les soques més vigoroses, que conformaran la reserva d'arbres mare que garantiran la regeneració sexual de la massa.

El bosc alt, ha de ser considerat com el mètode de benefici més adequat per al compliment dels objectius que la societat demana a la silvicultura de les fagedes: producció de fusta de qualitat, protecció, conservació i ús social. Per això a continuació es defineixen els tractaments generals per al bosc alt:

- **Masses Regulars:**

En boscos alts de faig, l'aplicació de tallades arreu com a tractament de regeneració és una pràctica desconeguda i gens recomanable a les masses de faig espanyoles.

En general el mètode més utilitzat és el de tallades per aclareix successiu, sobre un tram complet o sobre subtrams (Madrigal, 1992).

Els torns de tallada proposats per a masses regulars oscil·len entre 100 – 150 anys i el període de regeneració entre 20 – 30 anys. Durant aquest període s'han de organitzar en el temps les tallades preparatòries, disseminatòries, aclaratòries o secundàries i final (o última aclaratòria) (Madrigal, et al 2008).

Les tallades preparatòries tenen una gran importància en la regeneració de les fagedes. En general, es proposa reduir la densitat entre un 10–30%. Aquestes tallades han d'anar acompanyades d'un llaurat del terreny per tal de facilitar l'arribada i germinació de les llavors i per tal d'afavorir la descomposició de la fullaraca.

Si s'aplica una silvicultura conservadora, les tallades preparatòries han d'escalonar-se en el temps mirant que les copes dels arbres que es mantindran tinguin temps per a desenvolupar-se.

Les tallades preparatòries tenen diferents finalitats:

- Preparar les copes dels arbres que es mantindran, de forma que rebin llum i garanteixin unes bones floracions i fructificacions.
- Conduir a la massa a una densitat adequada per a poder dur a terme la tallada disseminatòria sense problemes d'estabilitat.
- Eliminar els individus de l'estrat dominat i les espècies heliòfiles que la seva regeneració no interessa. (Tessier du Cross, 1981 i Madrigal, 1992).

Les tallades disseminatòries s'han de fer coincidir amb el primer any que hi hagi una bona collita de fages, després de la finalització de les tallades preparatòries.

En aquestes tallades s'han d'eliminar aquells individus de l'estrat dominant que siguin mal conformats o amb copes asimètriques, i en general els individus dels estrats co-dominants, dominats o peus d'altres espècies que estiguin al sotabosc. En aquesta tallada s'elimina entre un 20-40% de l'arbrat, de manera que es mantingui una àrea basimètrica al voltant dels 20 m²/ha.

En la selecció dels peus a eliminar en la tallada disseminatòria s'ha de buscar la creació de petits forats en la superfície de les copes, on s'hi instal·larà el regenerat.

Les tallades secundàries o aclaratòries han de començar quant el regenerat aconsegueix una altura de 20-30 cm, i el seu principal objectiu és el de posar les plantes a la llum. Aquestes tallades es poden realitzar en 2 o 3 fases, separades entre si un màxim de 5 anys. Segons Lanier (1994) a la primera tallada aclaratòria es pot tallar entre un 20-30% de la massa que es vol mantenir, mentre que en la segona tallada s'ha d'eliminar fins al 50% de la massa. Madrigal (1992), indica que en estacions més mediterrànies, amb perill de gelades tardanes, aquestes tallades disseminatòries s'han de dur a terme amb 4-5 etapes.

Si seguim les intervencions anteriorment citades, la regeneració natural d'un tram de faig no s'ha d'extendre més de 15-20 anys després de la tallada disseminatòria.

La tallada final, s'ha de realitzar abans que el regenerat arribi a 0,5-1 m d'altura, ja que sinó els danys derivats de la tallada i extracció de l'arbrat adult serien molt importants. En aquesta tallada final, s'eliminen tots els arbres restants.

La semiregularitat de les fagedes s'aconsegueix mitjançant l'allargament en el temps del període de regeneració, després de l'aplicació del mètode d'ordenació per tram mòbil (Madrigal, 1992). L'aplicació d'aquest mètode té sentit en masses de difícil regeneració, normalment en estacions més xèriques o en exposició de solana.

Aquesta estructura semiregular també es pot obtenir mitjançant l'aplicació de tallades per aclareix successiu per bosquets, faixes o cunyes, utilitzat en estacions de muntanya, amb una alta erosió o interès paisatgístic.

- ***Masses Irregulars:***

A Espanya podem trobar masses amb estructures irregulars, l'origen dels qual no és una gestió orientada a obtenir aquesta forma de massa sinó que bé donada per l'aplicació de tècniques antisilvícoles.

El cas més habitual ha estat la substitució del mètode de tallades per aclareix successiu i uniforme per el de tallades de selecció per tallada selectiva, orientades a extreure els individus més grans del rodal. Degut al vent, les fortes extraccions, etc., s'obrien forats en la massa que permetien el regenerat dels pitjors peus. Depenent de les extraccions i l'efecte d'altres factors, feien tendir la massa a la irregularitat per bosquets. Aquestes estructures no regulades, degradades, en les que es produeix un deteriorament del genotip, tenen escàs interès productiu. El futur d'aquests rodals passa per homogeneïtzar la massa i posteriorment transformar-la a massa regular. La no actuació, o l'aplicació de tallades molt prudents, no crearien l'obertura de forats en la massa de suficient superfície com per aconseguir la regeneració.

A Europa central s'ha plantejat la gestió de les fagedes sota la forma de massa irregular, tant com a massa irregular pura, amb mescla de classes d'edat, com a massa irregular per bosquets (Madrigal, et al 2008).

- *Massa irregular amb mescla d'edats o massa irregular ideal:*

La rotació entre tallades, assimilada al temps de pas entre classes diamètriques, es situa entre 8-10 anys, el que permet obtenir un volum de 60 m²/ha, corresponent a totes les casses diamètriques. La regeneració s'aconsegueix mitjançant l'obertura de petits clars de fins a 3 àrees, superfície equivalent al què ocupen 1-2 arbres de la classe diamètrica superior. La utilització de forats a la massa més petits, pot provocar una devaluació de la qualitat final de la fusta (Madrigal, et al 2008).

- *Massa irregular per bosquets:*

Aquesta estructura implica la divisió del rodal en un mosaic de bosquets, cada un d'aquests bosquets suporta una massa regular i inclús, coetània, de manera que el rodal té representada tota la sèrie ordenada de classes d'edat, i que forma una estructura global de massa irregular.

Boudru (1989) a (Madrigal, et al 2008) recomana per a les fagedes un tamany de bosquet d'entre 5 i 20 àrees (està considerat com a bosquet petit). La sèrie completa de bosquets estaria formada per 12-15 bosquets, el que suposa un rang d'edats dintre de cada bosquet al voltant dels 10 anys i una superfície de la sèrie completa de fins a 3 ha.

En el tram de selecció, es realitzaran tallades de regeneració sobre els bosquets de més edat i en la resta de bosquets es realitzaran aclarides, clares, tallades i tallades de millora, d'acord amb la seva edat i el seu estat sanitari i s'actuarà sobre els individus amb un tamany comercial que es trobin dominats o competint amb individus més vigorosos de classes d'edat superiors. En els bosquets de més edat s'aconsegueix la renovació de les masses mitjançant el mètode de tallades per aclareix successiu més o menys simplificat.

• *Masses Mixtes:*

Hi ha diferents tipus de masses mixtes a la Península Ibèrica:

-*Fageda – Avetosa:* Aquestes masses constitueixen formacions més o menys estables amb predominança d'una o altre. La intervenció tradicional ha estat l'extracció dels millors individus d'avet i el tractament del faig coma bosc baix. Si es vol afavorir l'avet, es realitzaran tallades per selecció poc intenses però freqüents (4-6anys) a més a

més de la tallada de peus adults i la regulació del regenerat. En canvi si es vol afavorir al faig, s'han de realitzar tallades més intenses i no tant freqüents (10-12 anys).

-Fageda – Pinus sylvestris: Aquestes masses no constitueixen formacions estables. El manteniment d'aquestes masses passa per obrir grans forats que afavoreixin la regeneració del pi roig o el manteniment del faig en forma de bosc baix, així millorarien les condicions edàfiques, la qualitat tecnològica de la fusta del pi, s'afavoriria la poda natural i un desenvolupament recte del tronc.

-Fageda – Frondosa: La tendència actual a la diversificació específica de les masses forestals planteja que en la gestió de les fagedes s'ha de tenir en compte la conservació, perpetuació i aprofitament d'aquestes mesclades i fins hi tot l'augment de la superfície que ocupen les espècies que acompanyen a la fageda. (Madrigal, et al 2008)

1.2. DESCRIPCIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI

1.2.1. SITUACIÓ GEOGRÀFICA I EXTENSIÓ

Vidrà és un municipi situat al nord de la comarca d'Osona, a la qual pertany des de 1989, encara que, de fet, forma part de la província de Girona.

És un municipi de poc més de 34 Km², format per el nucli de Vidrà, la Creu de l'Arç i el veïnat de Ciuret, i diferents cases de pagès.

Voltada per les muntanyes del Pre-Pirineu, al nord (Serra de Milany i Santa Magdalena) i per la Serralada Transversal al sud-est (amb Cims de Puigsacalm, Puig Curull, Puig Tosell, Puig dels Llops i Puig de les Àguiles).

Tot el terme està inclòs dins el PEIN (pla d'espais d'interès natural) excepte els enclavaments de Vidrà, el veïnat de Ciuret, i part de Collfred (masia). Vidrà juntament amb Montesquiú, Sora, Sta. Maria de Besora i St. Quirze de Besora constitueixen la subcomarca del Bisaura. (**Fig. 4**)

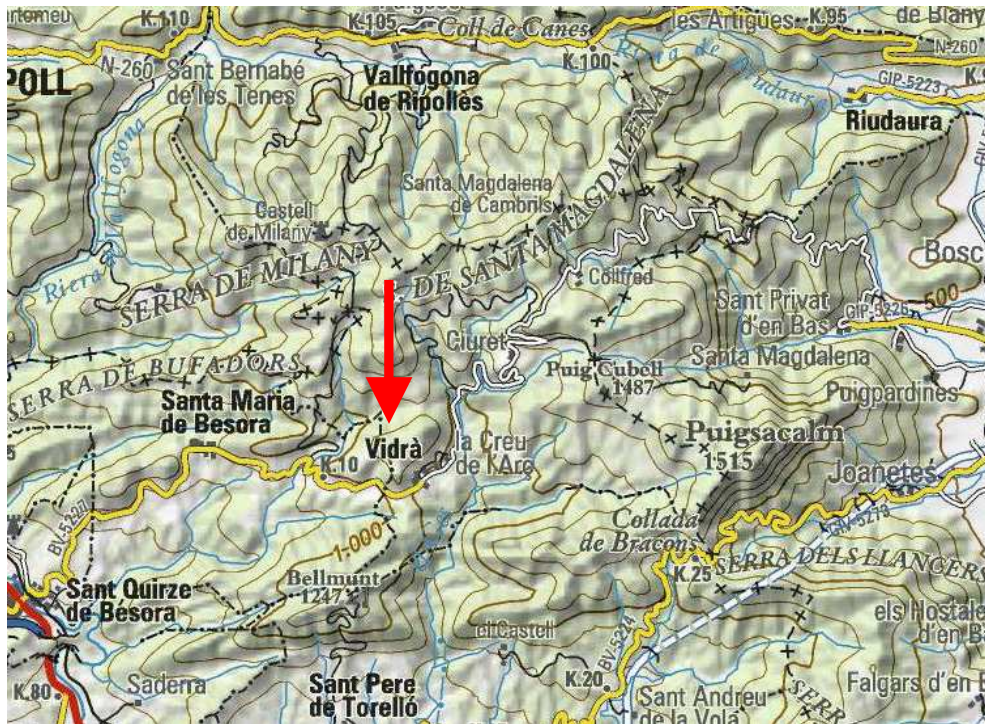


FIG 4. Mapa de situació de Vidrà. Font Institut Cartogràfic de Catalunya.

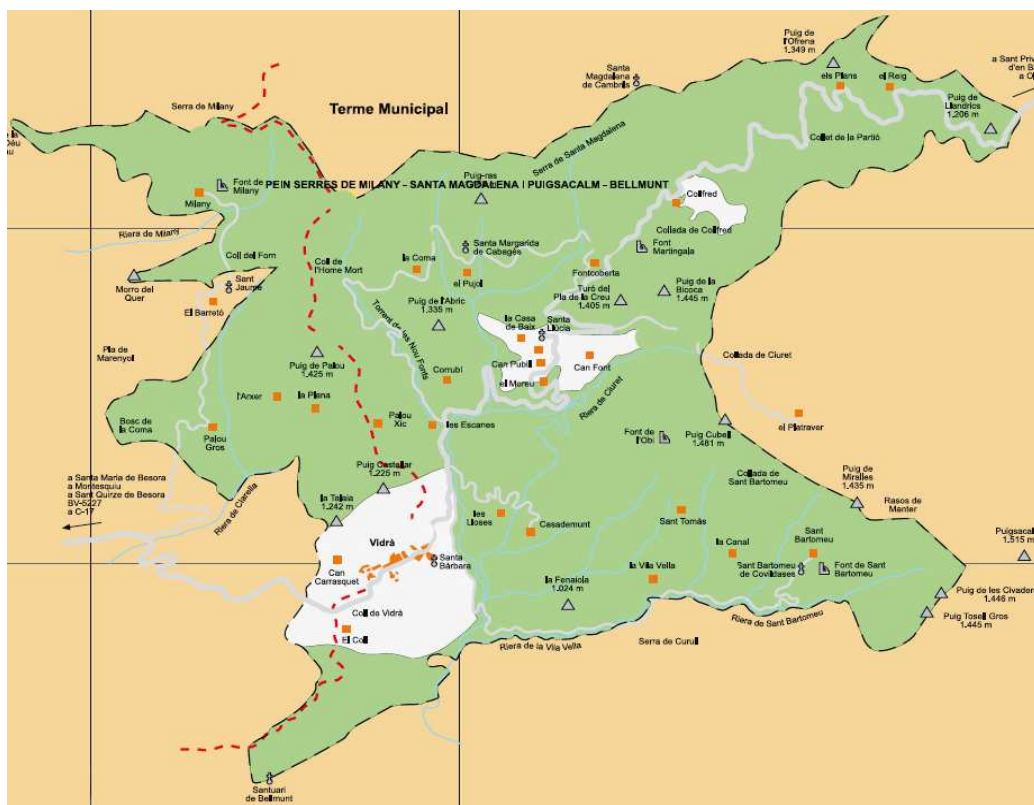


FIG 5. Mapa municipal de Vidrà. Font Ajuntament de Vidrà

Vidrà té una xarxa de carreteres rurals i camins que superen els 60 Km. El bosc predominant de Vidrà és la fageda.

Vidrà s'enmarca en les coordenades següents:

- 982 metres d'altitud
- 42° 7' 29" de latitud Nord
- 2° 18' 42" de longitud Est

Les coordenades UTM són:

- 31T DG46
- 443100 x
- 4663850 y

1.2.2. SITUACIÓ LEGAL I ADMINISTRATIVA

La zona estudiada es troba dins del PEIN, que conté un conjunt de 144 espais naturals considerats d'un interès natural de primer ordre. Concretament el situem al EIN Serres de Milany – Santa Magdalena i Puigsacalm – Bellmunt.

Les finques que s'utilitzen en aquest estudi són: La Canal, Collfred, La Planadella, El Moreu i El Cavaller (a l'obac de la Fenaiola). La totalitat de les seves superfícies són de titularitat privada.

Amb la finalitat de fomentar la gestió ordenada i conjunta dels boscos privats de la Vall del Ges, Orís i Bisaura, va néixer l'Associació de Propietaris Serra de Bellmunt – Collsacabra, fruit d'un conveni entre nou ajuntaments, dues ADF i la Diputació de Barcelona. Segons aquest conveni la Diputació i els nou ajuntaments que formen aquest Consorci, donen el recolzament tècnic, econòmic i administratiu necessari per al desenvolupament dels diferents projectes de l'Associació, d'acord a un Pla Marc de Millora Forestal.

La zona presenta les següents mesures de planificació:

- Pla d'Espais d'Interès Natural de la Generalitat de Catalunya pel Decret 328/92 de 14 de setembre (D.OG. 02.07.98 núm. 2672).
- Pla Marc de Millora Forestal de la Diputació de Barcelona aprovat al 25 de novembre de 2006.
- Collfred, Pla Tècnic de Gestió i Millora Forestal aprovat al 26/10/2001 per la Generalitat de Catalunya.
- La Canal, Pla Tècnic de Gestió i Millora Forestal aprovat al 29/05/2003 per la Generalitat de Catalunya.
- El Cavaller, Pla Tècnic de Gestió i Millora Forestal aprovat al 15/12/2004 per la Generalitat de Catalunya.
- El Moreu, Pla Tècnic de Gestió i Millora Forestal.

1.2.3. RELLEU I GEOLOGIA

L'espai natural de la Serres de Milany – Santa Magdalena i Puigsacalm – Bellmunt és sens dubte el més notable i representatiu del Baix Ripollès, i junt amb les capçaleres del Llierca i de la Muga, el més destacat del Pre-pirineu oriental de llevant.

Geològicament cal destacar els aspectes tectònics i geomorfològics de l'anticlinal de Bellmunt i el sinclinal de Vidrà; els materials dominants són els gresos i margues, i puntualment nivells de conglomerats.

La subcomarca del Vidranès, que és la que integra l'espai natural en qüestió, és constituïda per la capçalera del riu Ges, encerclada per un seguit de muntanyes. Les unitats orogràfiques més manifestes d'aquest encerclament són les serres de Milany i de Santa Magdalena de Cambrils, al nord; els rasos de Collfred, el Coll de Ciuret, la serra de la Guàrdia (amb el Puigsacalm) i la serra de Llancers a llevant; i la serra de Curull i de Bellmunt al sud. Per la part de llevant i del sud entra directament en contacte amb el Sistema Transversal, i per tant presenta moltes de les característiques d'aquesta unitat. El modelat ha donat lloc a relleus suaus que cauen sobtadament dels cims, que amb prou feines superen els 1.500 m.

En relació a les variacions en alçada, aquestes se situen entre els 700-800 m de les cotes més baixes i els poc més de 1.500 m als indrets culminals. En aquest sentit, el punt més elevat és Santa Magdalena de Cambrils, amb 1.547 m, al qual segueixen el puig Obiol (1.552 m), el cim de Milany (1.526 m) i el Puigsacalm (1.515 m). (Web Generalitat de Catalunya)

1.2.4. CLIMA

On trobem les nostres parcel·les pertany al bosc boreal centreeuropeu on les característiques climàtiques que trobem són temperatures fresques, entre 11°C i 12°C de mitjana anual, i pluviometria abundant, aproximadament uns 1000 mm o més de mitjana anual. (Centre de la Propietat Forestal, 1995)

Durant l'any 2009, s'ha recollit una pluviometria al voltant dels 850 mm de mitjana anual i una temperatura mitjana de 12,1°C. (Xarxa Agrometeorològica de Catalunya 2009).

Les condicions climàtiques, amb una pluviositat elevada i temperatures moderadament suaus, permeten el desenvolupament de la vegetació típica de la muntanya mitjana humida.

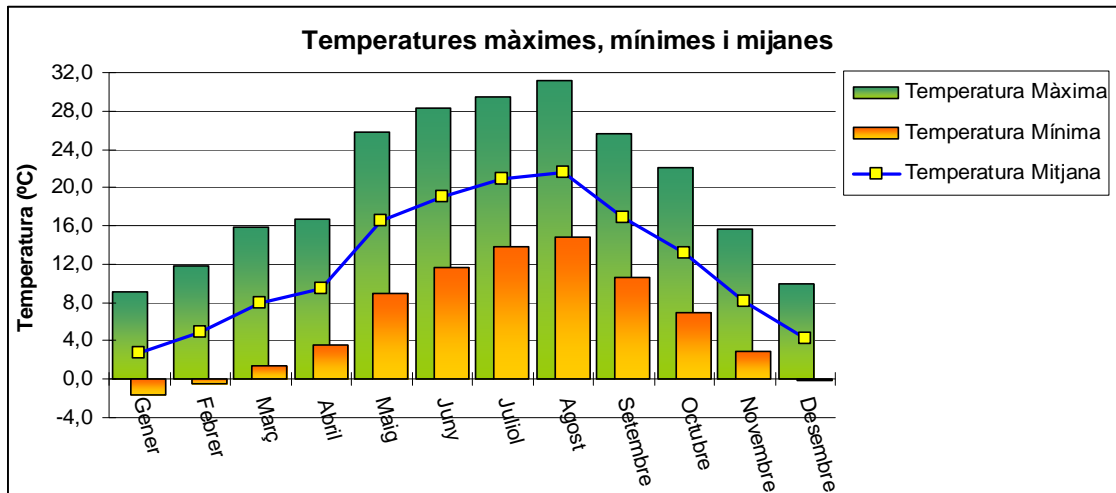


FIG. 6. Resum anual de temperatures del 2009. Estació de Montesquiu¹. (Resultats obtinguts a partir de les dades facilitades pel Servei Meteorològic de Catalunya).

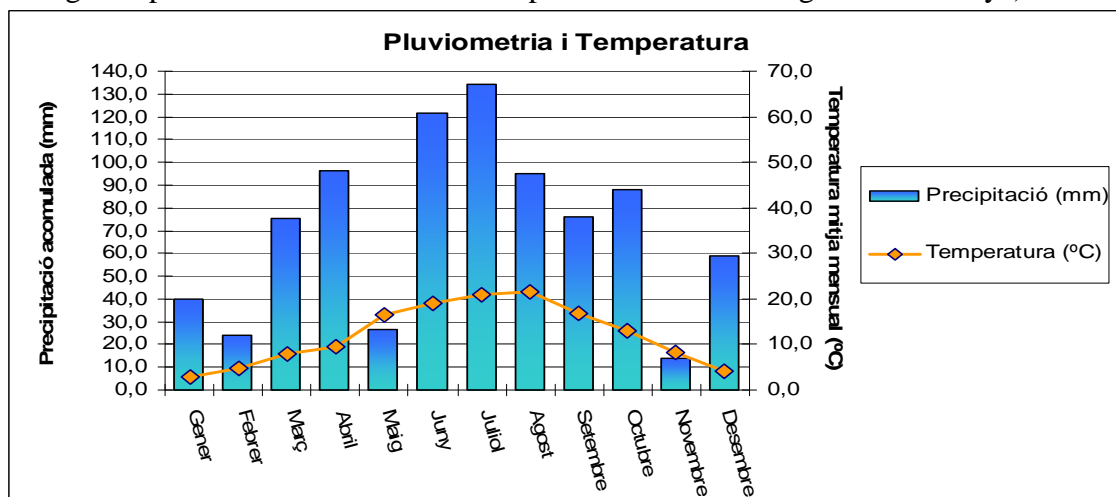


FIG. 7. Diagrama ombrotèrmic corresponent a l'any 2009. Estació del Castell de Montesquiu¹. (Resultats obtinguts a partir de les dades facilitades pel Servei Meteorològic de Catalunya).

1.2.5. VEGETACIÓ

De les condicions climàtiques anteriorment citades, cal destacar el caràcter essencialment humit d'aquest territori que permet la vida dels boscos de caducifolis propis de les terres centreeuropees.

Podem trobar les fagedes (*Fagion sylvaticae*), sota nombroses formes (fageda amb boix, fageda amb joliu o fageda amb el·lèbor verd), als indrets obacs, i la roureda de roure martinenc amb boix (*Buxo-Quercetum pubescentis*), als solells i terrenys plans, que

tenen una significació especial en aquest territori determinat el paisatge d'una gran part del país. A les obagues i fondals apareixen boscos de caducifolis mixts amb diverses espècies que s'estimen d'humitat -auró, freixe de fulla gran, avellaner, tell, om,...-. L'alzinar muntanyenc (*Quercetum mediterraneo-montanum*), que cobreix alguns solells, és l'única penetració mediterrània dins aquest paisatge plenament euro-siberià. (Web Generalitat de Catalunya).

1.2.6. GESTIÓ DE LES FINQUES

Totes les finques estudiades a la zona compten amb un Pla Tècnic de Gestió i Millora Forestal. En tots els casos es planifica una gestió amb una edat de maduresa d'uns 80 anys i un diàmetre de tallada al voltant de 40 cm, mirant d'ajustar el bosc a una distribució diamètrica irregular, mitjançant tallades selectives cada 14 – 18 anys.

Davant de la tendència natural del faig a la regularització, la manca de regeneració, els costos d'explotació elevats, la presència de ramaderia extensiva i les dimensions relativament grans de les finques, es va decidir plantejar a la zona un model silvícola per a boscos regulars però adoptant els punts més forts de la planificació irregular, amb una única diferència: en comptes de buscar la regeneració continua de totes i cada una de les unitats d'actuació, s'opta per la creació de mosaics de diferents edats mitjançant la posada en regeneració de determinades unitats d'actuació arribades al torn. En general, una gestió regular és ideal per a produir fusta de qualitat i maximitzar la producció.

Per el contrari, si es vol obtenir una renda fixa a cada finca, és important que s'ordenin de tal manera que sempre hi hagin finques en fase d'aclarides, de posada en regeneració i de regeneració aconseguida.

La gestió del faig a la zona es veu dificultada per varis factors, com ara la orografia complicada, unes infraestructures per al desembosc insuficients i l'estat actual de moltes fagedes. Aquest estat actual de moltes de les fagedes d'aquesta zona, condiona que la majoria de la fusta només sigui apte per a llenya o trituració, productes que no permeten cobrir els costos d'explotació. També cal remarcar que l'abundant sotabosc que hi ha a les fagedes, encareix encara més els treballs.

Un dels inconvenients és la distància dels mercats de la fusta per trituració més pròxims, ja que es troben allunyats, amb tot el que això suposa, entre d'altres, un augment del cost de transport i uns preus molt baixos de la fusta.

En el cas de la fusta apte per serrar, el principal problema per al faig local és l'arribada de fusta importada a preus molt competitius.

Segons l'inventari, durant els 15 anys de vigència del Pla Marc de Millora Forestal, caldria actuar en el 78% de la superfície de les fagedes, tot i que per arribar-hi seria necessari la construcció de camins de desembosc per tal d'arribar a les zones que en aquests moments no són explotables. Aquest Pla Marc de Millora Forestal té com a objectius la Planificació i gestió dels boscos del Corredor - Montnegre, molt especialment dels alzinars, pinedes de pi roig i fagedes. També té l'objectiu de gestionar la ramaderia extensiva i els usos de camins.

L'associació Serra de Bellmunt – Collsacabra té la voluntat d'associar el màxim número de propietaris del seu àmbit territorial, d'aquesta manera, es podrà garantir feina continuada a les empreses de treballs forestals i s'optimitzarà la logística de l'explotació. L'Associació podrà garantir el subministrament constant de fusta i llenya a les empreses compradores i s'agilitaran els permisos i tràmits administratius, a través de la tramitació conjunta.

Per aconseguir tot això, cal millorar les infraestructures de desembosc i difondre els beneficis de la gestió forestal. (ConSORCI forestal de Catalunya., 2008)

1.3. LES TARIFES DE CUBICACIÓ EN L'ÀMBIT FORESTAL

1.3.1. CONCEPTES BÀSICS

Entenem per tarifa, qualsevol gràfic, quadre numèric o expressió matemàtica que determina el valor d'una variable en funció de paràmetres coneguts.

Si aquesta tarifa s'utilitza per a l'estimació del volum de fusta d'arbres o masses, s'anomena tarifa de cubicació o de volum. El seu ús és molt variat, des de l'ordenació forestal per el càlcul d'existències i possibilitats d'una massa, la determinació de volums dels arbres que es tallen per a la comercialització, estimació dels volums d'arbres en peu per l'estudi dels seus creixements i produccions, fins a la valoració de masses forestals.

A més a més de les tarifes de cubicació o volum, existeixen moltes altres tarifes, com per exemple, tarifes d'escorça, tarifes de defectes, tarifes de centre de gravetat d'arbres, tarifes de material combustible, etc. (Prieto i Hernando, 1995).

Així podem deduir que les tarifes de volum són taules, quadres gràfics o expressions matemàtiques que proporcionen el volum d'arbres o masses en funció de paràmetres dels arbres, masses o combinació dels dos.

1.3.2. CLASSES DE TARIFES DE CUBICACIÓ

Els tipus de tarifes de cubicació es poden classificar d'acord amb la següent Figura:

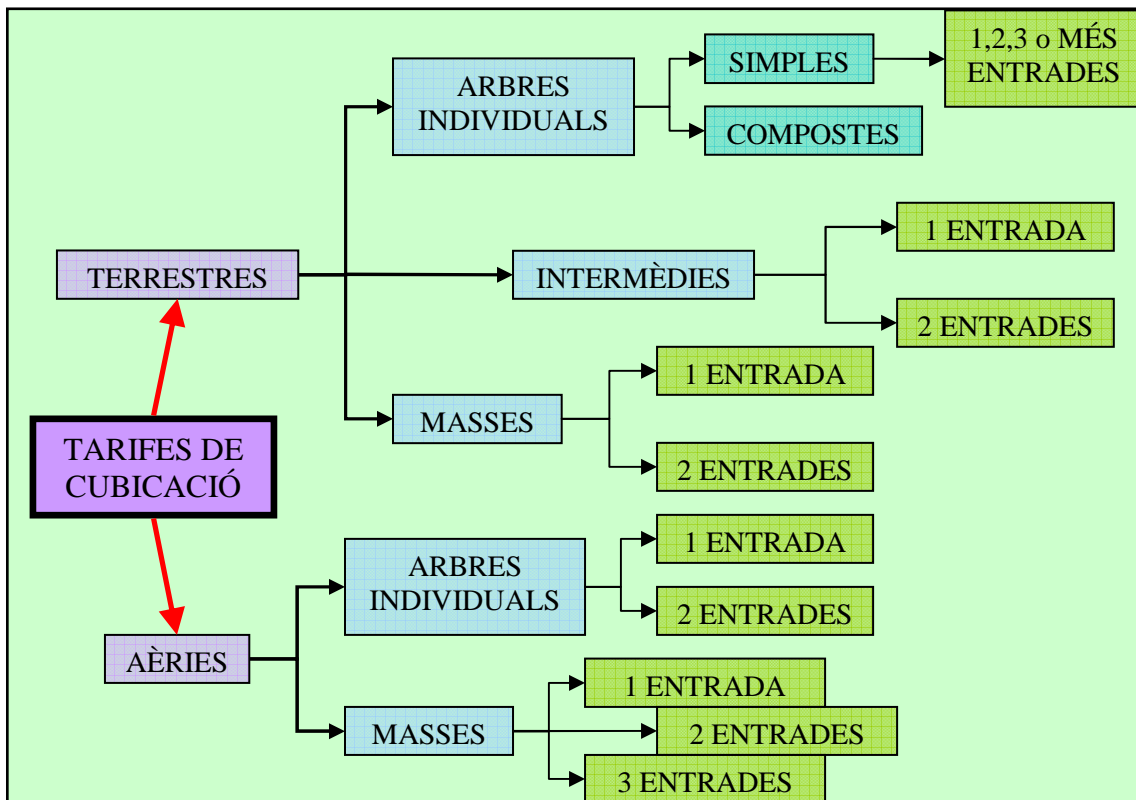


FIG 8. Quadre resum de les tarifes de cubicació (Prieto Hernando, 1995).

Les tarifes de cubicació terrestres són aquelles en que les variables explicatives es mesuren des del terreny, ja sigui de forma directe (diàmetre normal) o de forma indirecte (altura total, area basimètrica,...).

Les tarifes de cubicació terrestres es divideixen en 3 grups:

- Tarifes d'arbres individuals, que proporcionen el volum per una sola espècie (tarifes simples) o per varies espècies mesclades (tarifes compostes).

-Tarifes intermèdies, que proporcionen el volum d'arbres individuals, en funció de paràmetres de l'arbre com pot ser el diàmetre normal i paràmetres de massa com pot ser l'altura dominant.

-Tarifes de massa, que proporcionen el volum de masses en funció de variables de massa, com pot ser l'altura mitja, altura dominant, àrea basimètrica, etc.

Mitjançant l'ús de fotografies aèries es poden obtenir directament l'altura total d'arbres i masses, el diàmetre visible de copa, el número de peus i el percentatge de coberta (% de sòl ocupat per la projecció de copes). De les dades anteriors, es poden deduir mitjançant tècniques estadístiques, el diàmetre normal, l'àrea basimètrica per hectàrea, i el volum d'arbres individuals i de masses.

Per a la cubicació d'arbres i de masses en fotografies aèries s'utilitzen les anomenades tarifes de cubicació aèries. Podem trobar dos grups de tarifes aèries, les tarifes per arbres individuals (1 o 2 entrades) i les tarifes per masses (1,2 o 3 entrades).

1.3.3. TARIFES DE CUBICACIÓ TERRESTRES

1.3.3.1. TARIFES D'ARBRES INDIVIDUALS D'UNA ENTRADA

Tal i com s'ha dit anteriorment, les tarifes són quadres numèrics, gràfics o expressions matemàtiques que proporcionen el volum d'un arbre en funció del seu diàmetre normal, $V = f(d)$.

La hipòtesis inicial per a la construcció i utilització d'una tarifa és suposar que arbres de la mateixa espècie, mateixa qualitat d'estació i mateix diàmetre, tenen el mateix volum o un volum que es desvia poc d'un volum mig, que pot ser exactament determinat. Aquesta hipòtesis es compleix amb major grau si a més els arbres tenen la mateixa edat. Els procediments de construcció es classifiquen en directes, gràfics i analítics, ordenats de menor a major precisió (Prieto Hernando, 1995).

- **Procediments directes:**

Aquests consisteixen en agafar arbres de tots els diàmetres o de totes les classes diamètriques. Per a cada classe diamètrica es determinen els seus respectius volums i es

fa la mitja en cada una d'elles. El volum obtingut és el volum assignat a cada diàmetre o classe diamètrica.

El resultat d'aquest procediment és un quadre numèric que representa la tarifa de cubicació d'arbres individuals d'una entrada. El principal avantatge d'aquest procediment és la simplicitat del càlculs, però també té inconvenients:

-La tarifa és molt imprecisa per a les combinacions de variables explicatives on existeixen poques dades, és a dir, la variació del volum pot ser irregular.

-És impossible saber la precisió de la tarifa en l'estimació del volum de la massa.

- **Procediments gràfics:**

Els procediments gràfics per la construcció de tarifes de cubicació d'arbres individuals d'una sola entrada són:

-Mètode gràfic de Huffel: Un cop seleccionats els arbres, tallats i cubicats, de l'espècie i zona a considerar, es tracen uns eixos de coordenades on a l'eix d'ordenades hi posem el volum dels arbres i en l'eix d'abscisses el diàmetre. Així obtenim un núvol de punts a la que s'ajusta una corba.

A vegades en comptes d'utilitzar els diàmetres a l'eix d'abscisses, s'utilitza el quadrat del diàmetre, així aconseguim passar d'una tendència exponencial a una tendència lineal.

-Gràfics logarítmics: S'utilitza paper doblement logarítmic, portant a l'eix d'ordenades el volum i en l'eix d'abscisses el diàmetre. Per tal de facilitar el traçat i la lectura de la corba, l'escala de l'eix d'abscisses acostuma a ser el doble que la de l'eix d'ordenades.

-Ajust semigràfic de Keen i Page: Com en els dos mètodes anteriors, es porten a l'eix d'ordenades els volums i en l'eix d'abscisses els diàmetres (o millor el quadrat dels diàmetres). L'escala s'ha d'escollir de tal manera que el núvol de punts (el seu eix longitudinal) formi un eix pròxim als 45° amb la horitzontal. Un cop dibuixat el núvol s'han de realitzar els següents passos:

-Trobar el centre de gravetat del núvol de punts.

-Es traça una recta paral·lela a l'eix Y i que passi pel centre de gravetat.

-Per la zona de l'esquerra es traça una semirecta que divideixi el núvol de punts en dues meitats iguals i que passi pel centre de gravetat.

-Es realitza el mateix per la banda dreta, prolongant aquesta semirecta a la banda esquerra.

-L'ajust buscat és la bisectriu entre la primera recta i la prolongació de la segona.

-Correcció de les tarifes gràfiques: Independentment del procediment gràfic que s'utilitzi en la tarifa de cubicació d'arbres individuals d'una entrada, s'ha de multiplicar la cubicació obtinguda gràficament per un valor. Aquest valor s'obindrà de la divisió entre la suma dels volums reals de cada arbre i el volum total extret a partir de la tarifa.

- **Procediments analítics:**

En la construcció de tarifes de cubicació per procediments analítics, independentment del número d'entrades de la tarifa, la majoria de les vegades s'utilitza el mètode dels mínims quadrats ponderats.

1.3.3.2. TARIFES D'ARBRES INDIVIDUALS DE DUES ENTRADES

Les tarifes de 2 entrades proporcionen, en forma de quadre numèric, gràfic o expressió matemàtica, el volum d'un arbre en funció del diàmetre normal i d'una altre variable que normalment sol ser l'altura total, $V = f(d,h)$.

La hipòtesis inicial per a la construcció i utilització d'una tarifa és suposar que arbres de la mateixa espècie, mateixa qualitat d'estació i mateixa edat, tenen el mateix volum o un volum que es desvia poc d'un volum mig, que pot ser exactament determinat.

Segons Prieto i Hernando (1995), els procediments de construcció es classifiquen en tres, ordenats de menor a major precisió són:

-Procediments directes: Consisteix en escollir arbres de tots els diàmetres i de totes les altures. Per a cada diàmetre i altura, es determinen els seus volums i es calcula la mitja. Aquest és el volum que se li assigna al diàmetre i a l'alçada corresponents. D'aquesta manera es construeix una taula creuada de diàmetres i alçades.

-Procediments gràfics: Es porten a gràfic els punts, tenint en compte que en l'eix d'abscisses hi posem el diàmetre i en l'eix d'ordenades el volum. Els punts només seran per a una alçada determinada. A continuació s'uneixen punts de la mateixa alçada en una sola recta, pot passar que no totes les rectes tinguin el mateix pendent, amb la qual cosa s'haurà d'harmonitzar gràficament aquestes rectes mitjançant una recta bisectriu fixa (com a base s'utilitzarà la recta que s'hagi construït amb més dades).

-Procediments analítics: Existeixen varis models analítics de cubicació de 2 entrades. Els principals són els següents:

TAULA 2. Models de tarifes de cubicació d'arbres individuals de 2 entrades (Prieto, A. i Hernando, A.,1995).

AUTOR	FÓRMULA
SPURR	$V = a_1 \cdot d^2 \cdot h$
	$\log v = a_0 + a_1 \cdot \log(d^2 \cdot h)$
HUFFEL	$V = a_0 + a_1 \cdot d^2 \cdot h$
OGAYA	$V = d^2 \cdot (b_0 + b_1 \cdot h)$
STOATE (fórmula australiana)	$V = a_0 + a_1 \cdot d^2 + a_2 \cdot d^2 \cdot h + a_3 \cdot h$
NASLUND	$V = a_1 \cdot d^2 + a_2 \cdot d^2 \cdot h + a_3 \cdot d \cdot h^2 + a_4 \cdot h^2$
MEYER	$V = a_0 + a_1 \cdot d + a_2 \cdot d^2 + a_3 \cdot d \cdot h + a_4 \cdot d^2 \cdot h + a_5 \cdot h$
TAKATA	$V = \frac{d^2 \cdot h}{a_0 + a_1 \cdot d}$
SCHUMACHER – HALL	$V = a_0 \cdot d^{a_1} \cdot h^{a_2}$
NEWNHAM	$V = a_0 + a_1 \cdot d^{b_1} \cdot h^{b_2}$
I.F. Investigació Baden Wuerttemberg	$\log v = a_0 + a_1 \cdot \log d + a_2 \cdot \log^2 d + a_3 \cdot \log h + a_4 \cdot \log^2 h$
DWIGHT	$V = a_1 \cdot (d^2 \cdot h)^{a_2}$
a_0, a_1, a_2, \dots : Coeficients de regressió b_1, b_2 : Coeficients de regressió obtinguts de la fórmula de Schumacher – Hall v : Volums d : Diàmetre normal h : Altura	

1.4. JUSTIFICACIÓ DE L'ESTUDI

Aquest treball s'ha realitzat paral·lelament a un altre treball més, tots dos amb l'objectiu d'estudiar i caracteritzar diferents aspectes de les masses de faig de la zona del Vidranès. Aquests estudis han estat proposats per la Diputació de Barcelona, conjuntament amb l'associació de propietaris, i dirigits i coordinats pel "Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal" de l' "Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària de Lleida".

Els treballs es centren en l'elaboració de les corbes de qualitat i les tarifes de cubicació del faig a la zona del Vidranès. Aquest treball es centre en aquest últim aspecte. Els dos Treballs Pràctics Tutorats es volen complementar i ser en conjunt una eina d'ajuda a la gestió de les masses de faig.

L'espècie principal és el faig i actualment no existeix cap taula de cubicació per aquesta espècie en aquesta zona. Existeixen diferents eines per a la gestió de les fagedes espanyoles, com pot ser les normes de densitat, taules de producció i equacions de cubicació.

Les normes de densitat permeten definir el número de peus per hectàrea en funció de l'altura dominant de la massa.

Existeixen diferents taules de producció:

- Taulas de producció de silvicultura observada, aptes per a fagedes de la Rioja i el Sistema Ibèric, construïdes per Ibañez (1989) a Prieto i Hernando, (1995).

- Taulas de producció de silvicultura mitja observada i taules de silvicultura de referència per a les fagedes de Navarra, construïdes per Madrigal *et al.* (1992).

Les 2 taules s'han desenvolupat en parcel·les temporals, cosa que no permet plantejar esquemes de silvicultura diferents als recollits en la seva formulació.

Totes dues taules de producció es complementen amb les taules de cubicació d'arbres individuals de doble entrada (alçada – diàmetre) i triple entrada (alçada – diàmetre – factor de forma) construïdes a partir d'arbres tipus procedents dels projectes d'ordenació de les regions.

Recentment també s'han construït unes taules de cubicació de doble entrada per a les fagedes de Navarra (Olabe *et al.*, 2000) en les que els paràmetres queden definits a

nivell de les diferents ecoregions o territoris de fageda diferenciats dintre de la Comunitat Foral (Madrigal *et al.* 2008).

1.5. APROFITAMENT I MERCAT DE LA FUSTA DEL FAIG

La fusta del faig es caracteritza per tenir un serrat fàcil amb algun risc de deformacions. Durant el lent assecat, pot presentar una forta tendència a obrir-se i a tornar-se tort. En la resta de processos mecanitzables no presenta problemes, es pot corbar, tallar i tornejar, relativament bé.

A Catalunya és una de les fustes més preuades degut a la seva duresa, el seu pes, el gra fi i per no diferenciar-se l'albeca del duramen, donant així homogeneïtat a les peces. És una fusta que té poca durabilitat a l'exterior però presenta un poder calorífic relativament alt, cosa que és interessant per a l'aprofitament de les fustes de menor qualitat com a llenya. El contingut de nusos és un element clau en el seu aprofitament.

El principal defecte de la fusta del faig és el Cor Roig. Aquest és causat per l'atac de fongs, que provoquen un to vermell al fals duramen i en general aquesta fusta és més nerviosa que la fusta normal, menys resistent i més trencadissa.

Un altre defecte produït per fongs és el "Pasma" del faig, que si no es tracta, en pocs mesos pot convertir-se en una putrefacció blanca (Vignote *et al.* 2000).

Els tractaments actuals es poden encarar a la producció de peus superiors als 18-20 cm. de diàmetre normal per a l'aprofitament de xapa i serra i amb una silvicultura encarada a torns d'entre 80-100 anys (Mundet, i Capó, 2008).

1.5.1. APROFITAMENT DE LA FUSTA DEL FAIG

Al llarg del temps els usos de la fusta del faig han estat diversos. Antigament s'utilitzava principalment per a fer carbó, ja que estava més valorat que la seva fusta. El faig també s'utilitzava en la torneria per la seva escassa duresa i el color clar que facilita el seu tenyit.

Antigament la torneria era una de les activitats industrials més importants però degut a les importacions d'Àsia de productes ja elaborats, van fer que patís una forta davallada.

Actualment aquests aprofitaments han caigut en desús i el seu principal aprofitament és la indústria del moble. La fusta del faig, per les seves característiques tecnològiques i per la seva abundància a Europa central, està considerada una fusta noble i juntament amb d'altres espècies substitueixen la fusta que prové d'àrees tropicals (Famadas, 1996). Cal destacar que fins fa pocs anys, la fusta del faig, s'utilitzava molt per a fer pasta de cel·lulosa.

La fusta de millor qualitat es destina a laminat o desenrotllament, la fusta de menys diàmetre s'aprofita per a fer llenyes o parquet i la fusta de menor qualitat, no apte per a serra ni llenyes, es destina a la indústria de la trituració.

Normalment per a l'elaboració de tauló, s'aprofita la part basal del tronc que està lliure de nusos i la resta s'aprofita per extreure el "quadradillo".

El cor vermell no s'aprofita mai per fer producte de torneria o tauló degut a que provoca molts problemes d'esquerda i es destina com a llenya per cremar.

Normalment tampoc s'aprofita la part basal del tronc ja que sol ser molt cònica i presenta molts problemes de deformació.

El producte acabat no permet la presència de cap nus, això significa que s'han d'eliminar marques de pedregades, cops, fongs, etc.. cosa que provoca que hi hagi molta fusta de rebuig (Mundet i Capó, 2008).

1.5.2. MERCAT DEL FAIG

La fusta del faig és molt valorada per les serradores. Es consumeix aproximadament unes 11.000 tones de faig anualment a Catalunya. Existeix una forta pressió per el mercat d'importació (normalment fusta de França) davant la fusta del país. També s'ha de tenir en compte l'entrada de producte ja elaborat des dels països de l'est i la Xina, que compateix amb el producte fet aquí.

És una espècie molt consumida a la comarca d'Osona on hi ha indústries dedicades a la serra del faig per l'elaboració de quadradillo, dedicat a l'ebenisteria o torneria, i tauló de qualitat per a l'elaboració posterior de mobles. Tot i les seves possibilitats per al desenrotllament, a Catalunya no hi ha indústries que consumeixin faig per aquest destí.

A Catalunya trobem 11 serradores que treballen amb faig, de les quals només 7 consumeixen faig com a espècie principal. La majoria d'aquestes consumeixen fusta d'importació. Les empreses que consumeixen fusta local demanen uns diàmetres en punta prima ≥ 20 cm en canvi les empreses que consumeixen fusta d'importació demanen uns diàmetres superiors als 30 cm o fins hi tot 45 cm per arbres de més qualitat.

Els arbres afectats amb el cor vermell, cor rodat (crescuda d'un any molt diferent a l'any anterior), no són acceptats per les serradores (Mundet i Capó, 2008).

Els preus de la fusta del faig a la Llotja de Vic i Girona es poden observar a la taula següent:

TAULA 3. Taula de preus de la fusta. Llotja de contractació i mercat en origen a Vic (18/04/2009) i Girona (17/04/2009). Consorci Forestal de Catalunya.

		Cotització anterior	Variació	Preus actualitzats	
FAIG	De 25 a més cm Ø	54,00 / 72,00*	(=-/6)	54,00 / 66,00*	t
	De 20 a més cm Ø	56,00 / 65,00 **	- +	54,00 / 72,00**	
	Superior	84,00 / 90,00* 80,00 / 100,00**	= +	84,00 / 90,00* 84,00 / 120,00**	t
LLENYES		Cotització Anterior	Variació	Preus actualitzats	
FAIG		33,00 / 39,00*	(+3/=)	36,00 / 39,00*	t
FUSTES TRITURACIÓ		Cotització anterior	Variació	Preus actualitzats	
FAIG (Vallès)		23,00*	=	23,00*	t
FAIG (Solsona)		25,30 / 27,05*	=	25,30 / 27,05*	
FAIG (St. Gaudens)		49,50*	-	39,75 / 42,75*	

Els preus s'entenen sobre indústria. *Preus exclusius de la Llotja de Vic. **Preus exclusius de la Llotja de Girona.

2.OBJECTIUS

Els objectius principals d'aquest TPT són els següents:

- Construir fórmules que expliquin millor el volum real del faig, amb dues entrades, a partir del diàmetre normal i l'alçada a la zona de Vidrà.
- Comparar les diferents equacions de cubicació d'aquest treball entre elles, per tal de saber quina és la més adequada per la zona.

Els objectius secundaris que han sorgit durant la realització d'aquest TPT han estat:

- Obtenir una tarifa de cubicació en funció del tipus de Qualitat que tenim a la massa.
- Comparar la tarifa proposada per aquest treball amb la tarifa del III Inventari Forestal Nacional, per tal de saber quina s'ajusta més a la realitat de la zona.

3.MATERIALS I

MÈTODES

3.1. INVENTARI

Abans de començar a explicar la metodologia utilitzada per a la realització de l'inventari, cal comentar que aquest inventari s'ha realitzat paral·lelament a un altre estudi més, també centrat en caracteritzar diferents aspectes de les masses de faig del Vidranès. El treball a camp s'ha realitzat conjuntament, de manera que les dades recollides en l'inventari s'han utilitzat per obtenir els resultats dels dos treballs pràctics tutorats. Per aquest motiu algunes de les variables recollides en l'inventari realitzat a camp, no són utilitzades en l'anàlisi estadístic d'aquest estudi.

A continuació es descriu el protocol seguit en la realització de l'inventari. Les fitxes utilitzades a camp es poden consultar a l'**Annex 2**.

3.1.1. PRIMERA FASE: SELECCIÓ DELS RODALS

El mostreig realitzat en l'inventari estava dirigit amb l'objectiu de recollir la màxima variabilitat possible pel que fa a qualitat d'estació. Aquest tipus de mostreig permet obtenir un model amb un rang d'aplicació més ampli (Vanclay, 1994 a Rodríguez, 2005).

Aquest va ser el factor més important que va condicionar la localització dels rodals i, per tant, de les parcel·les. Un altre dels factors a tenir en compte a la hora de localitzar els rodals va ser la seva accessibilitat, per a permetre el transport de les motoserres fins a les parcel·les.

Els rodals seleccionats per instal·lar les parcel·les, a més de ser fàcilment accessibles i heterogenis en relació a la qualitat, havien de complir els següents criteris:

- 1-Han de ser masses regulars on l'espècie dominant sigui *Fagus sylvatica*.
- 2-L'Edat de la massa ha de ser superior als 20 anys.
- 3-El rodal ha de tenir una superfície suficient per tal de que es puguin instal·lar les parcel·les.
- 4-El rodal no ha d'haver estat intervingut silvícolament, ni haver patit danys greus en els últims 5 anys. L'eliminació de peus, ja sigui per aclarides o per una perturbació natural (vent, incendis...) té un efecte d'alliberament sobre els arbres que resten en peu.

5- Les parcel·les hauran de situar-se a una distància mínima de 10 metres respecte les pistes i les possibles crestes, ja que les condicions a les que es troben aquestes zones són diferents a les condicions que es poden donar al mig del rodal, i poden influir en el seu creixement.

Els diferents Plans Tècnics de Gestió i Millora Forestal, van ser utilitzats per tal de tenir una idea del tipus d'espècia que hi havia a cada finca i així delimitar les zones de possible estudi. Posteriorment amb l'ajuda del motoserrista, el tècnic de Parcs Naturals de la diputació de Barcelona i el Tècnic Forestal del consorci de la Vall del Ges, Orís i Bisaura, es van delimitar els rodals d'actuació en funció dels quatre tipus potencials de qualitat que hi podíem trobar, per tal de tenir la màxima variabilitat.

Un cop delimitats els rodals sobre els mapes, aquests ens van permetre dur a terme la determinació de les parcel·les.

3.1.2. SEGONA FASE: DETERMINACIÓ I PRESA DE DADES DE LES PARCEL·LES

Un aspecte important a la hora de la localització de les parcel·les, va ser tenir la màxima representativitat a nivell de qualitat. Això es va dur a terme mitjançant un mostreig sistemàtic dintre de cada un dels estrats anteriorment esmentats. Això ens va permetre ser totalment imparcials en la determinació de la massa i que els resultats fossin més ajustats a la zona d'estudi.

Amb el mapa de cada finca i mitjançant una malla de 200 m x 200 m es va ubicar la situació de cada una de les parcel·les. Es van establir un total de 28 parcel·les. Per motius d'accessibilitat i transport de maquinària, es va desestimar alguna de les parcel·les quedant un total de 24.(Fig. 9)

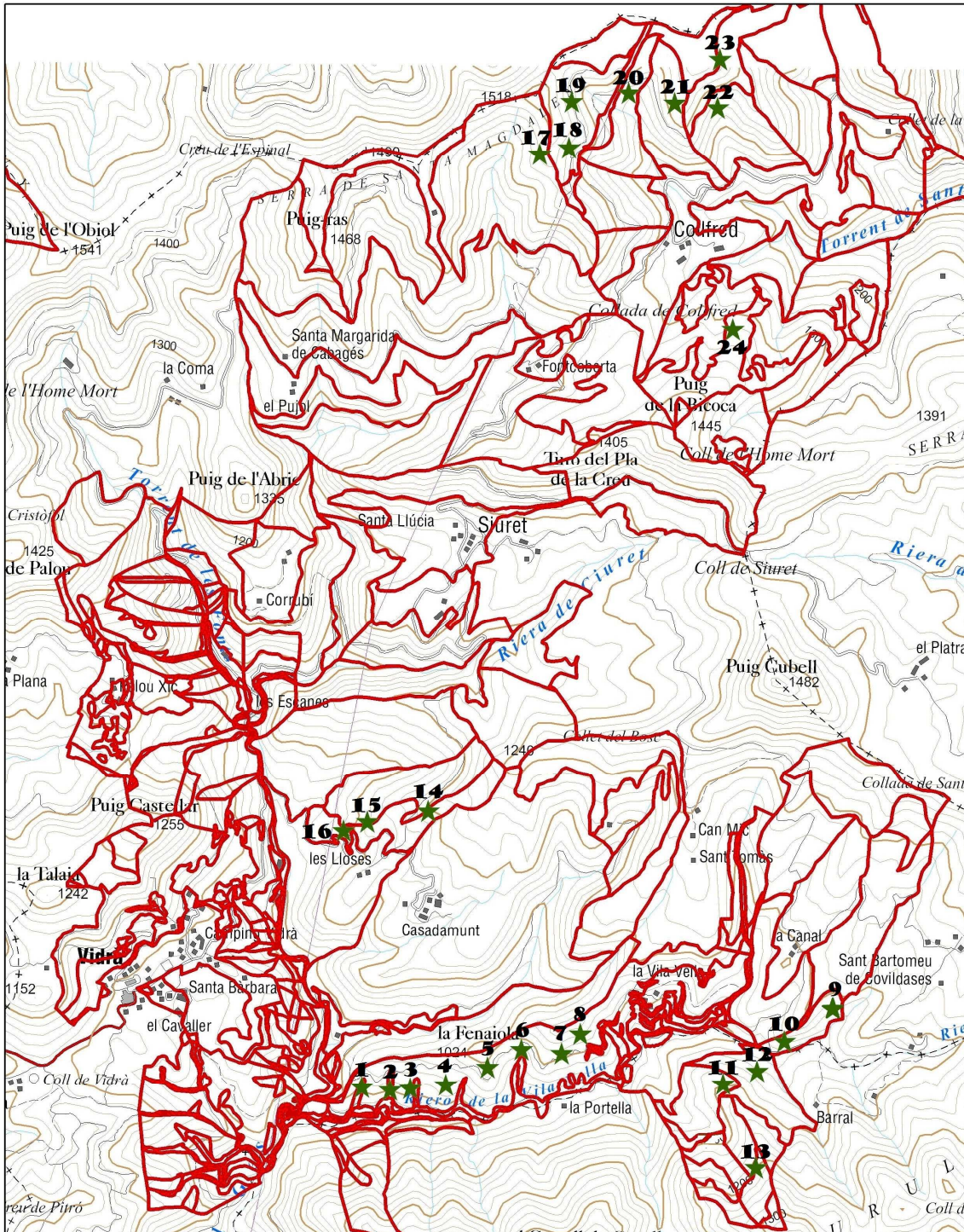


FIG 9. Localització de les 24 parcel·les resultants del mostreig sistemàtic estratificat.

Es van seleccionar un total de 24 parcel·les, les característiques de les quals es recullen a la **Taula 4**. La seva ubicació sobre el terreny es pot consultar en els mapes de **l'Annex.1**

TAULA 4. Caracterització dels 24 rodals seleccionats per instal·lar les parcel·les.

Núm.	Coordenades UTM			H ₀ (m)	Edat (anys)
	X	Y	Z		
1 (FEN1)	0444364	4663530	953	20,5	50
2 (FEN2)	0444509	4663523	940	22	62
3 (FEN3)	0444615	4663530	967	16	87
4 (FEN4)	0444803	4663547	977	21	82
5 (FEN5)	0445022	4663641	985	27,5	98
6 (FEN6)	0445203	4663733	1012	22	91
7 (FEN7)	0445416	4663719	1064	20	60
8 (FEN8)	0445511	4663817	1053	21,5	91
9 (CAN1)	0446587	4663779	1085	19,5	69
10 (CAN2)	0446444	4663620	1046	13,5	56
11 (PLAN1)	0446045	4663367	1069	18,5	70
12 (PLAN2)	0446261	4663407	1085	15,7	69
13 (PLAN3)	0446437	4663113	1100	17,5	64
14 (MOR1)	0444711	4664992	1090	17,5	65
15 (MOR2)	0444389	4664936	1017	15	63
16 (MOR3)	0444264	4664889	990	20	46
17 (COLL1)	0445298	4668457	1491	21,5	85
18 (COLL2)	0445453	4668489	1395	23,5	60
19 (COLL3)	0445468	4668734	1467	20,5	104
20 (COLL4)	0445768	4668779	1419	23	49
21 (COLL5)	0446010	4668725	1495	14,5	60
22 (COLL7)	0446236	4668702	1407	21	74
23 (COLL8)	0446248	4668955	1422	15,25	63
24 (COLL10)	0446315	4667532	1271	18,5	52

Mitjançant un GPS (*Geographic Positionement System*) (veure **Fig 10**), a cada parcel·la es van obtenir les coordenades UTM del seu centre. Amb el GPS també es va poder obtenir l'itinerari seguit per arribar a les parcel·les seleccionades. Posteriorment tot això va permetre localitzar ràpidament les parcel·les per a la realització de la tallada i la presa de dades d'aquesta.

A cada parcel·la es va seleccionar visualment un dels arbres considerats dominants. D'aquest arbre dominant es va mesurar la seva alçada amb un Hipsòmetre Blume-Leiss i es va estimar la seva edat extraient un testimoni de fusta a la base del tronc (25-30 cm) amb una barrina de Pressler.

En un principi, s'havia pensat de realitzar parcel·les concèntriques com les utilitzades en l'Inventari Forestal Nacional.

Cada parcel·la estaria formada per tres subparcel·les circulars concèntriques amb diferents radis cada una. Actualment es tendeix a realitzar aquest tipus de parcel·la, ja que no només té en compte el gruix dels arbres, sinó que també considera la seva distància respecte al centre de la parcel·la. El principi en què es basa aquest mètode és similar al del relascopi, de manera que a més distància, més gruixut ha de ser l'arbre per a ser inventariat. Finalment, però, les característiques del terreny, abrupte i molt pendent i l'abundant sotabosc de boix que dificultava el desplaçament, van fer del tot impracticable la realització d'aquest tipus de parcel·les i es va optar per fer ús de les convencionals.

Per això, es van replantejar parcel·les circulars de 10 metres de radi. Es van realitzar parcel·les circulars per minimitzar l'efecte límit (Pardé i Bouchon, 1994). Un avantatge d'aquestes parcel·les és que són més fàcils d'identificar en posteriors inventaris ja que només es necessita localitzar el centre. Tot i així, en alguns casos es va modificar el centre de les parcel·les per tal d'assegurar una distància mínima de 10 metres de qualsevol camí o variació visible de l'estructura de la massa que pogués alterar la dinàmica del creixement del rodal, segons recomanen Madrigal, et al.(1999).

Es van mesurar els diàmetres normals mitjançant una cinta diamètrica (**Fig. 11**) El diàmetre mínim inventariable es va establir en 70 mm. Els arbres dubtosos d'entrar o no a la parcel·la es va mesurar la distància des del centre de la parcel·la amb una cinta mètrica. Això va dificultar els treballs ja que hi havia molta vegetació i els desplaçaments eren lents.

També es va dur a terme la medició de les alçades, mitjançant un hipsòmetre tipus Blume-Leiss (**Fig. 12**). Per a mesurar les alçades ens situàvem a una distància en projecció horitzontal coneguda, que coincidia amb alguna de les escales de l'aparell (15,20,30 o 40 m) i que sigues més semblant a l'altura de l'arbre.

Aquesta distància coneguda es mesurava amb una cinta mètrica de 20 m de llargada (Fig. 13).

Per últim es van extreure, mitjançant la barrina de Pressler els testimonis de fusta de cada un dels arbres dominants escollits, per realitzar el posterior anàlisis dels anells de creixement i saber quina era la seva edat. (Fig. 14)



FIG. 10. GPS



FIG. 11. Cinta diamètrica



FIG. 12. Hipsòmetre Blume-Leiss.



FIG. 13. Cinta mètrica



FIG. 14. Extracció d'un testimoni de fusta mitjançant la Barrina de Pressler. Un cop mesurada l'edat i l'alçada dels arbres dominants, i mitjançant les corbes de qualitat de Navarra, es van establir les qualitats teòriques de les parcel·les. A partir

d'aquesta classificació provisional de qualitats es va determinar el tamany de mostra que necessitàvem (amb un nivell de confiança del 95 %) per tal que els resultats fossin representatius de la zona.

De cada parcel·la es van prendre les següents dades: (Veure **Annex 2**)

1. Identificació de la parcel·la:

- Número de la parcel·la: Codi identificador.
- Coordenades UTM: Adquirides amb GPS
- Data de la presa de dades: Dia-Més-Any.
- Finca: Nom de la finca on es troba la parcel·la.

2. Fisiografia de la parcel·la:

- Exposició: Orientació de la parcel·la respecte el Nord magnètic
- Altitud: Obtinguda amb el GPS i comprovada amb els mapes dels diferents Plans Tècnics de Gestió i Millora Forestal.

-Descripció silvícola: En alguns casos, una breu descripció de les característiques més rellevants com ara l'abundància de sotabosc, presència d'arbres morts, presència d'arbres amb un diàmetre inferior a 70 mm., etc.

3. Dasometria:

- Espècie: Nom científic de l'espècie.
- Diàmetre normal: Mesurat amb cinta diamètrica.
- Alçada: Mesurada en l'arbre dominant.

3.1.3. TERCERA FASE: TALLADA

A cada parcel·la es van marcar els arbres que tenien el diàmetre normal que havíem seleccionat per a ser tallats, dels quals en la majoria de les parcel·les 2 d'aquests arbres havien de ser arbres dominants. Per escollir els arbres dominants, es va definir com a arbre dominant aquell que té una alçada per sobre del nivell general i rep llum per dalt i parcialment pels costats. S'ha de tenir en compte de no confondre aquests arbres dominants en arbres aïllats o predominants.

D'aquests arbres marcats, es van prendre les següents dades abans de tallar-los:

- Diàmetre normal amb cinta diamètrica.

Un cop abatuts es va mesurar:

-L'alçada de la soca, realitzant 2 mesures amb el metro, una a la part superior de la vessant i l'altre a la part inferior.

-L'alçada total de l'arbre, amb cinta mètrica.

-L'alçada del tronc, amb cinta mètrica i considerant el tronc fins a 7 cm en punta.

Després es va procedir a desbrancar els arbres i trossejar els arbres dominants abatuts. Es van fer troces cada metre, excepte en els exemplars més vigorosos on es van realitzar algunes troces de 2 m. per tal d'aprofitar al màxim la fusta, fins arribar al diàmetre mínim aprofitable (70 mm).

Un cop desbrancats els arbres es van prendre les següents mesures:

-El diàmetre a cada metre, amb forcípula i fins a arribar al diàmetre mínim aprofitable (70 mm).

Un cop trossejats es van prendre les següents mesures:

-Edat, mesurada als extrems de cada troça.

Totes les dades preses en aquesta fase es van anotar a la fitxa dendromètrica (veure **Annex 2**).



FIG 15. Extracció dels arbres.



FIG. 16. Amidament dels arbres.



FIG. 17. Motoserrista abatent un arbre.

(Fotos: Josep Soldevila i Arnau Vaqué)

3.2. ANÀLISI DENDROMÈTRIC

Les mostres utilitzades en l'anàlisi dendromètric s'han obtingut durant la segona fase de l'inventari. Aquestes mostres ens han permès obtenir a més a més del tipus de qualitat que teníem a cada parcel·la, el tamany de mostra que necessitàvem. A continuació s'explica el procediment.

3.2.1. ANÀLISIS DELS TESTIMONIS DE FUSTA

Els testimonis de fusta obtinguts amb la barrina es van embolicar amb paper per evitar el seu trencament durant el transport i la manipulació. Cada testimoni es va identificar amb un codi format per un diminutiu del nom de la finca, el número de parcel·la i el número d'arbre.

Aquests testimonis es van deixar assecar per tal de poder visualitzar millor els anells de creixement. Un cop assecats es van preparar les mostres. Primer de tot es van reparar amb cola blanca els testimonis que s'havien trencat tant degut per el transport com per les tensions de la fusta quan s'assecava.

Posteriorment es va preparar la superfície de lectura dels testimonis, que consistia en un llistó de fusta amb un canal central. En aquest canal és on es situava el testimoni per tal de tenir-lo fixat i fos més fàcil la seva manipulació (**Fig. 18.**). Un cop teníem els testimonis dins del canal, es van llimar amb paper de vidre fi per tal de suavitzar la superfície de lectura i tenir una millor visibilitat dels anells. Es va intentar millorar la visibilitat amb una solució d'HCl al 50% i phloroglucinol+ethyl alcohol, però no es va aconseguir. També es va utilitzar un tiny, fucsina bàsica, que ens va permetre distingir millor els anells en els testimonis de difícil lectura. (**Fig. 19.**)

En alguns casos els anells de creixement no es distingien a simple vista i es va fer necessari l'ús d'una lupa òptica. L'edat dels arbres es va estimar contant els anells de creixement. A la **Taula 4.** es pot observar l'edat obtinguda de cada arbre.



FIG. 18. Testimoni de fusta fixat al llistó amb la superfície de lectura llimada.



FIG. 19. Testimoni de fusta amb la superfície llimada i tiny.

3.3. ANÀLISI ESTADÍSTIC

En aquest apartat es mencionen els mètodes d'anàlisi utilitzats per a extreure els diferents resultats.

Per dur a terme l'anàlisi només s'han tingut en compte les dades d'alçades i diàmetres, sense fer ús de les edats. Les edats van ser utilitzades per a realitzar el treball paral·lel a aquest consistent en unes corbes de qualitat.

Per tal de determinar el número de peus que s'havien de tallar, es va mesurar el diàmetre normal de tots els peus de cada una de les parcel·les seleccionades, per poder conèixer la variabilitat, representada pel coeficient de variació a nivell de cada qualitat.

La següent expressió permet determinar els tamanys de mostra per els respectius estrats, en funció del coeficient de variació, del error relatiu màxim admissible y del nivell de confiança:

$$n = \frac{Z^2 \cdot CV^2}{E_r^2} \quad (3.1)$$

On E_r i CV són, respectivament, l'error relatiu d'estimació i el coeficient de variació, expressats en percentatge.

On Z és un valor tabulat de la distribució normal que depèn del nivell de confiança fixat.

A continuació es va dur a terme un replanteig de les parcel·les mitjançant les Corbes de Qualitat obtingudes en el treball paral·lel a aquest. A la **Taula 6.** es pot observar la qualitat d'estació estimada al inici del projecte i la qualitat d'estació al final del projecte obtinguda per a les diferents parcel·les a partir de les corbes de qualitat d'aquesta zona.

TAULA 6. Qualitat final de les parcel·les, obtinguda a partir de les corbes de qualitat de Vidrà.

PARCEL·LA	QUALITAT PROVISIONAL ⁽¹⁾	QUALITAT FINAL
La Canal 1	III	I
La Canal 2	III	IV
Collfred 1	III	IV
Collfred 2	I	III
Collfred 3	IV	II
Collfred 4	I	III
Collfred 5	III	III
Collfred 7	II	III
Collfred 8	III	V
Collfred 10	II	II
Fenaiola 1	I	II
Fenaiola 2	II	III
Fenaiola 3	IV	II
Fenaiola 4	III	II
Fenaiola 5	II	I
Fenaiola 6	III	III
Fenaiola 7	II	II
Fenaiola 8	III	III
Moreu 1	III	II
Moreu 2	III	I
Moreu 3	I	II
La Planadella 1	III	III
La Planadella 2	III	III
La Planadella 3	III	II

⁽¹⁾Obtingudes mitjançant les corbes de qualitat de Navarra

Posteriorment es van definir, ordenar i estructurar les diferents mesures obtingudes a camp, en una fulla de càlcul per el seu posterior anàlisi.

3.3.1. CÀLCUL DEL VOLUM DELS ARBRES

Un cop estructurades les dades de camp, es van calcular els volums dels arbres.

Per aproximar el volum de l'arbre s'ha utilitzat la fórmula de Smalian:

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \times L \quad (3.2)$$

On:

- **S₁** i **S₂**: Seccions del tronc on els diàmetres són D₁ i D₂, respectivament
- **L (cm)**: Distància entre les mesures D₁ i D₂

Substituint les equacions, ens queda:

$$V = \frac{\pi}{8000000} \times (H_2 - H_1) \times (D_1^2 + D_2^2) \quad (3.3)$$

On:

- D_1 i D_2 (cm): Diàmetres al inici i al final de cada secció
- H_1 i H_2 (cm): Alçades de l'arbre on els diàmetres són D_1 i D_2 , respectivament

Aquesta fórmula es va utilitzar per calcular el volum total del tronc a partir de rotlles de 100 cm.

3.3.2. MODELS ANALITZATS

El primer que es va fer, abans de decidir quins eren els models a analitzar, va ser classificar-los en tres grups, segons l'esforç de mostreig necessari para mesurar les variables intervinents:

- Grup 1. Baix esforç de mostreig: Són els models que inclouen el diàmetre normal i, en alguns casos, l'edat de la massa.
- Grup 2. Esforç de mostreig intermig: Es tracta dels models que, a més d'incloure el diàmetre, també necessiten una mostra d'alçades.
- Grup 3. Elevat esforç de mostreig: Són els models que engloben dades de diàmetre, d'alçada i d'edat de la massa. En ocasions es substitueix l'edat de la massa per un altre dada de diàmetre.

En l'inventari forestal nacional s'utilitzen, per l'espècia forestal en estudi, dos models que pertanyen, respectivament, als grups 2 i 3 i es proposa un tercer model. Aquest tercer model es proposa per tal d'evaluar el comportament del model [2] sense tenir en compte el diàmetre a 4 m, d'aquesta manera el model passa a formar part del grup 2. La **taula 7** mostra finalment els models a analitzar.

Taula 7. Expressió matemàtica dels models analitzats.

MODEL	AUTOR	EXPRESSIÓ MATEMÀTICA	GRUP
[1]	III Inventari Forestal Nacional	$V = a + b \cdot d_n^2 \cdot H$ Model de regressió lineal simple (2 entrades)	2
[2]	II Inventari Forestal Nacional	$V = a \cdot d_n^b \cdot H^c \cdot D_4^d$ Model potencial linealitzable (3 entrades)	3
[3]	Proposat amb aquest estudi	$V = a \cdot d_n^b \cdot H^c$ Model potencial linealitzable (2 entrades)	2

On:

- **V:** És el volum de cada arbre, en metres cúbics
- **a,b,c,d:** Són paràmetres a estimar dels models.
- **H:** És l'altura total de l'arbre en metres
- **d_n i D₄:** Són el diàmetre normal i el diàmetre a quatre metres respectivament, en cm.

L'anàlisi de cada un dels models presentats a la taula es va dur a terme tenint en compte la qualitat d'estació i linealitzant prèviament aquells models que eren potencials. Es va estudiar la interacció de la qualitat amb les respectives variables explicatives, i en el cas de que aquesta interacció sigues significativa es va realitzar l'ajust per les diferents qualitats d'estació.

Un cop estimats els paràmetres de cada model i obtinguts els volums predits per a cada equació d'ajust, es van deduir els residus (diferència entre volums registrats a camp i els volums predits) pel seu posterior anàlisi. Per una bona diagnosi del model, es va estudiar si complien els supòsits bàsics de linealitat, així com els de normalitat i homoscedasticitat. En els cas dels models potencials presentats a la **taula 7**, es van linealitzar mitjançant una transformació logarítmica. Un gràfic de residus (e_i) davant els volums predits (\hat{v}_i) va permetre detectar si es complien o no els supòsits de linealitat

i homoscedasticitat, i amb la prova de Shapiro – Wilks es va comprovar si els residus s'ajustaven a una distribució normal.

És molt important el compliment del supòsit de linealitat, comprovant si el gràfic de residus no té estructura. Si la tingués, és a dir, si segueix un patró de comportament, el model no és adequat i en conseqüència en alguns trams la tarifa sobreestima o infraestima el volum.

Per tal d'avaluar la bondat de l'ajust dels models, un bon indicador és l' R^2 que mesura la capacitat predictiva del model.

Tots els models van ser analitzats amb el paquet estadístic SAS/STAT® 9.1 (2004) i amb el JMP®8 (2008).

3.3.3. COMPARACIÓ DE LES TARIFES EXISTENTS AMB LES OBTINGUDES

Aquí, el que es tractarà és comparar les tarifes ja existents elaborades pel III Inventari Forestal Nacional amb la tarifa alternativa proposada, a partir de les dades d'aquest treball.

Els models haurien de complir els supòsits bàsics i tenir una bona capacitat predictiva, però per tal de saber si el model sobreestimava o infraestimava el volum respecte l'obtingut per la fórmula de Smalian a la zona estudiada, s'afegeixen dos estadístics de bondat d'ajust a l'estudi comparatiu: el biaix i la magnitud de l'error.

D'aquesta manera es pot observar quin dels models s'ajusta millor a la realitat. La **taula 8** mostra els dos estadístics incorporats.

Taula 8. Estadístics de bondat d'ajust utilitzats para la comparació de models

Estadístics		Formulació ⁽¹⁾	Descripció
Biaix mig	biaix	$biaix = \frac{\sum_{i=1}^n (v_i - \hat{v}_i)}{n}$	Avalua la desviació dels models respecte els valors observats
Error absolut mig	eam	$eam = \frac{\sum_{i=1}^n v_i - \hat{v}_i }{n}$	Analitzen la precisió de les estimacions

⁽¹⁾ v_i : volum observat, \hat{v}_i : volum previst pel model, n : tamany de la mostra

4.RESULTATS

4.1. DETERMINACIÓ DEL TAMANY DE MOSTRA

Per determinar el tamany de mostra per cada qualitat, prèviament s'estudia el seu comportament per diferents valors fixats de l'error relatiu, i suposant diferents coeficients de variació poblacionals. Mitjançant l'expressió $n = \frac{Z^2 \cdot CV^2}{E_r^2}$, on "z" és aproximadament 2 (valor de taules amb un nivell de confiança del 95%), i CV és el coeficient de variació, construïm les corbes que es reflecteixen a la següent figura.

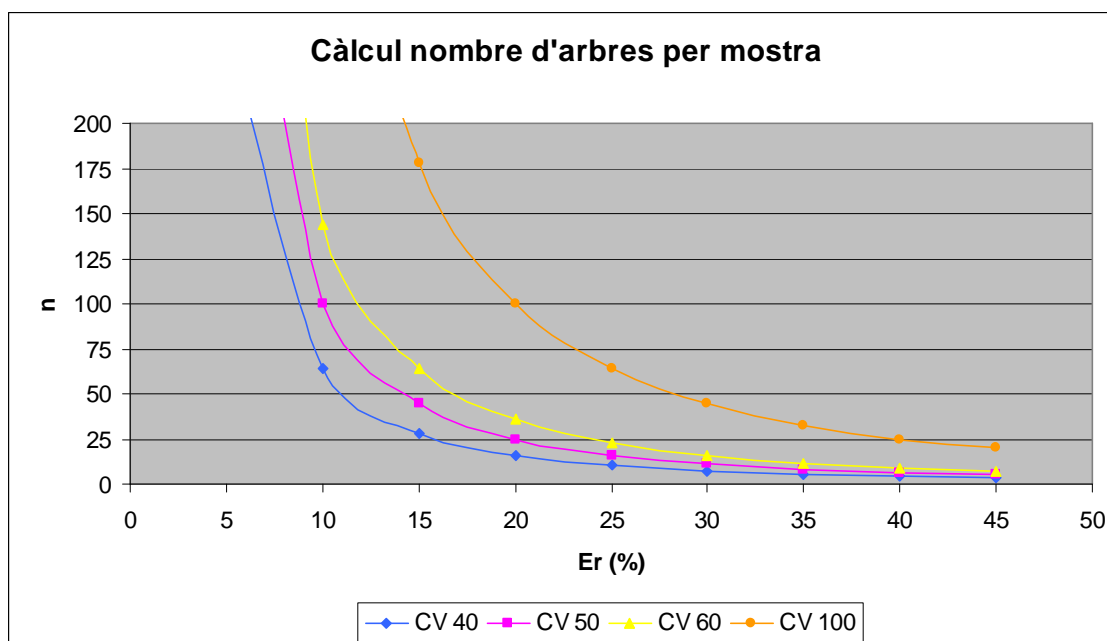


Figura 21. Família de corbes, segons el coeficient de variació, del tamany de mostra (n) vs l'error relatiu (Er).

Si fixem un $E_r = 20\%$ i un CV d'un 50% obtenim: $n = \frac{Z^2 \cdot CV^2}{E_r^2} = \frac{2^2 \cdot 50^2}{20^2} = 25$

Mitjançant el CV, obtingut a partir de l'anàlisi de tots els diàmetres de cada qualitat "provisional", i fixant-nos l'error relatiu en un 20% , el tamany de mostra obtingut es pot observar a la **Taula 9**.

TAULA 9. Tamany de mostra seleccionat para qualitat.

QUALITAT PROVISIONAL	CV (%)	E_r (%)	n (n° arbres)
I	52,55	20	28
II	61,71	20	38
III	47,5	20	23
IV	44,49	20	20
n TOTAL			109

A la **Taula 10.** es poden observar els 109 arbres seleccionats, repartits per cada una de les qualitats (obtingudes amb les corbes de qualitat de la zona) i per parcel·la.

TAULA 10. Distribució dels arbres a tallar per qualitat d'estació i per parcel·la.

QUALITAT FINAL	NOM PARCEL·LA	TOTAL ARBRES A TALLAR	NÚM. ARBRES TALLATS A CADA PARCEL·LA		
QUALITAT I	MOREU 2	11	2		
	LA CANAL 1		2		
	FENAIOLA 5		7		
QUALITAT II	COLLFRED 10	56	8		
	COLLFRED 3		9		
	FENAIOLA 1		8		
	FENAIOLA 3		11		
	FENAIOLA 4		1		
	FENAIOLA 7		8		
	MOREU 1		2		
	MOREU 3		8		
	PLANADELLA 3		1		
	QUALITAT III		COLLFED 2	37	5
			COLLFRED 4		7
COLLFRED 5		2			
COLLFRED 7		8			
FENAIOLA 2		7			
FENAIOLA 6		2			
FENAIOLA 8		2			
PLANADELLA 1		2			
PLANADELLA 2		2			
QUALITAT IV	LA CANAL 2	4	2		
	COLLFRED 1		2		
V	COLLFRED 8	1	1		
			109 ^(*)		

^(*)A partir de l'inventari es va obtenir una base de dades formada per un total de 109 observacions que constituïen la mostra total de Volums (V).

Degut al reduït numero d'observacions de les qualitats IV i V (4 i 1 respectivament), el

seu estudi presentava molts dubtes sobre la seva fiabilitat. Per aquest motiu es va decidir eliminar aquestes dues qualitats.

A conseqüència de l'eliminació d'aquestes dues qualitats el número d'observacions que constituïen la mostra final de Volums (V) es va reduir a 104 observacions.

Els estadístics descriptius dels volums de Smalian mesurats segons la qualitat es poden observar a la **Taula 11**.

Taula 11. Estadístics descriptius de les variables a nivell de qualitat. Desviació típica (DT), mínim (MIN), màxim (MAX). La mida de la mostra (n) és el nombre d'arbres mesurats.

QUALITAT	VARIABLES	MITJA	DT	MIN	MAX
I	Vs	0,3904	0,4036	0,0137	1,5733
	dn	0,2310	0,1126	0,0820	0,4900
	H	16,7211	4,1587	10,4000	24,5700
	d4	0,1989	0,1040	0,0700	0,4310
II	Vs	0,4580	0,5440	0,0145	2,2325
	dn	0,2234	0,1341	0,0810	0,6040
	H	18,7105	5,4156	7,7500	29,8000
	d4	0,2133	0,1166	0,0700	0,5000
III	Vs	0,4335	0,5010	0,0050	2,1614
	dn	0,2230	0,1132	0,0720	0,5270
	H	18,5130	5,0802	8,2000	26,2000
	d4	0,1966	0,1000	0,0700	0,4500
IV	Vs	0,3289	0,3019	0,0230	0,9698
	dn	0,2087	0,0915	0,0920	0,4040
	H	17,7390	4,2894	8,1000	24,4700
	d4	0,1781	0,0780	0,0700	0,3190

4.2. DIAGNOSI DELS MODELS ESTUDIATS

En una primera fase, s'analitzen si existeix interacció entre la qualitat d'estació amb les respectives variables explicatives incloses en els tres models definits.

Les **taules 12, 13 i 14** presenten els resultats extrets amb el programa JMP®8, per a cada model analitzat.

TAULA 12. Anàlisi al incloure l'efecte interacció QUALITAT amb la variable explicativa en el model $V = a + b \cdot d_n^2 H$

Source	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
dn2H	1	10.061249	1497.304	<.0001***
QUALITAT*dn2H	2	0.120565	8.9712	0.0003***

*** p<0,001, ** p<0,01, * p<0,05.

TAULA 13. Anàlisi al incloure l'efecte interacció QUALITAT amb les variables explicatives en el model potencial $V = a \cdot d_n^b \cdot H^c \cdot D_4^d$, un cop linealitzat.

Source	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
logdn	1	0.19268226	16.4500	0.0001***
logH	1	0.30449547	25.9959	<.0001***
logd4	1	0.36445195	31.1146	<.0001***
QUALITAT*logdn	2	0.07069101	3.0176	0.0542
QUALITAT*logH	2	0.00771387	0.3293	0.7204
QUALITAT*logd4	2	0.05730256	2.4461	0.0927

*** p<0,001, ** p<0,01, * p<0,05.

TAULA 14. Anàlisi al incloure l'efecte interacció QUALITAT amb les variables explicatives en el model potencial proposat $V = a \cdot d_n^b \cdot H^c$, un cop linealitzat.

Source	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
logdn	1	21.094311	529.1385	<.0001***
logH	1	0.695910	17.4565	<.0001***
QUALITAT*logdn	2	0.788076	9.8842	0.0001***
QUALITAT*logH	2	0.338466	4.2451	0.0171*

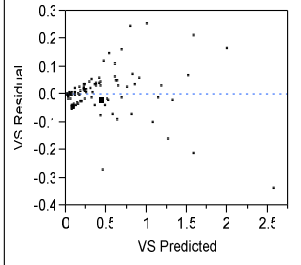
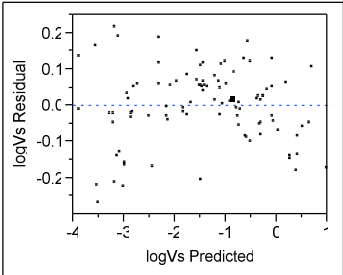
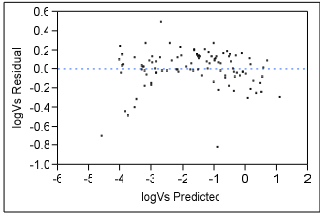
*** p<0,001, ** p<0,01, * p<0,05.

Cal destacar la forta significació de la interacció, segons la **taula 12**, per el primer model utilitzat en el tercer inventari. La **taula 13** indica que no succeeix el mateix amb el segon model, també utilitzat en l'inventari forestal, en el qual la interacció no és significativa amb cap de les tres variables explicatives. La **taula 14** mostra també la

significació de l'efecte interacció amb les dues variables explicatives transformades logarítmicament.

A la **taula 15** es complementa els resultats de les taules anteriors, diagnosticant els supòsits bàsics dels tres models, i s'acompanya de l'indicador de bondat d'ajust.

TAULA 15. Diagnosi i capacitat predictiva dels models: [1] $V = a + b \cdot d_n^2 H$; [2] $V = a \cdot d_n^b \cdot H^c \cdot D_4^d$; [3] $V = a \cdot d_n^b \cdot H^c$, amb la inclusió de la qualitat.

MODEL	GRÀFIC RESIDUS VS PREDIT	TEST DE NORMALITAT (Shapiro-Wilk)	R^2
[1]		W = 0,86 p < 0,0001	0,97
[2]		W = 0,98 p = 0,13	0,99
[3]		W = 0,89 p < 0,0001	0,98

Els gràfics de residus i els tests de normalitat ens indiquen que el model 2, en una primera aproximació és el més adequat. El gràfic no presenta estructura i la prova de normalitat es compleix. A l'incloure la variable diàmetre a 4 metres, millora sensiblement la precisió en les estimacions. De totes maneres l'obtenció d'aquesta variable suposa un esforç de mostreig més elevat.

El gràfic de residus del model [1] presenta una clara heterocedasticitat (en forma d'embut). Això afectarà a la validesa de les formules que s'utilitzen per a l'obtenció dels errors de predicció. El gràfic dels residus del model [3] pateix una manca d'homocedasticitat per a volums inferiors a $0,005 \text{ m}^3$, que es corresponen a arbres amb diàmetres compresos entre 7 i 10 cm i son justament els causants de la falta de normalitat. Malgrat això la gran avantatge del model proposat respecte al model [2] es que es més parsimoniós, amb menys paràmetres, al no incloure el diàmetre a 4 metres que es una variable que requereix un esforç afegit en el mostreig.

4.3. VALIDACIÓ DELS MODELS

En aquest apartat es presenten les diferents comparacions entre el volum estimat per Smalian i el volum estimat tant per el model proposat com pels models utilitzats en el II i III Inventari Forestal Nacional.

El model proposat en aquest estudi, un cop estimats els paràmetres presenta les següents equacions en funció de la seva Qualitat:

$$\text{QUALITAT I} \rightarrow V_e = 75,4070 \cdot dn^{3,2047} \cdot H^{-0,1758} \quad (4.4)$$

$$\text{QUALITAT II} \rightarrow V_e = 0,1962 \cdot dn^{2,0065} + H^{1,1533} \quad (4.5)$$

$$\text{QUALITAT III} \rightarrow V_e = 0,0862 \cdot dn^{1,9013} \cdot H^{1,3844} \quad (4.6)$$

-On V_e és el volum estimat pel model

Per altre banda disposem de la tarifa de cubicació recomanada pel tercer inventari forestal nacional a la província de Girona.

$$V = 41,89 + 0,00025 \cdot (Dn)^2 \cdot Ht \quad (4.7)$$

Al no disposar de la informació complerta de la tarifa de cubicació recomanada pel II inventari Forestal Nacional per dur a terme la validació s'utilitzarà l'equació d'ajust obtinguda amb les dades mostrals segons les diferents qualitats.

Amb les dades recollides a camp i entrades a les respectives equacions, obtenim els volums predits i els residus. La següent figura presenta una comparativa gràfica amb els dos models enfrontats segons la qualitat, en la que s'estudia el comportament dels residus davant la variable fàcil de mesurar (diàmetre normal).

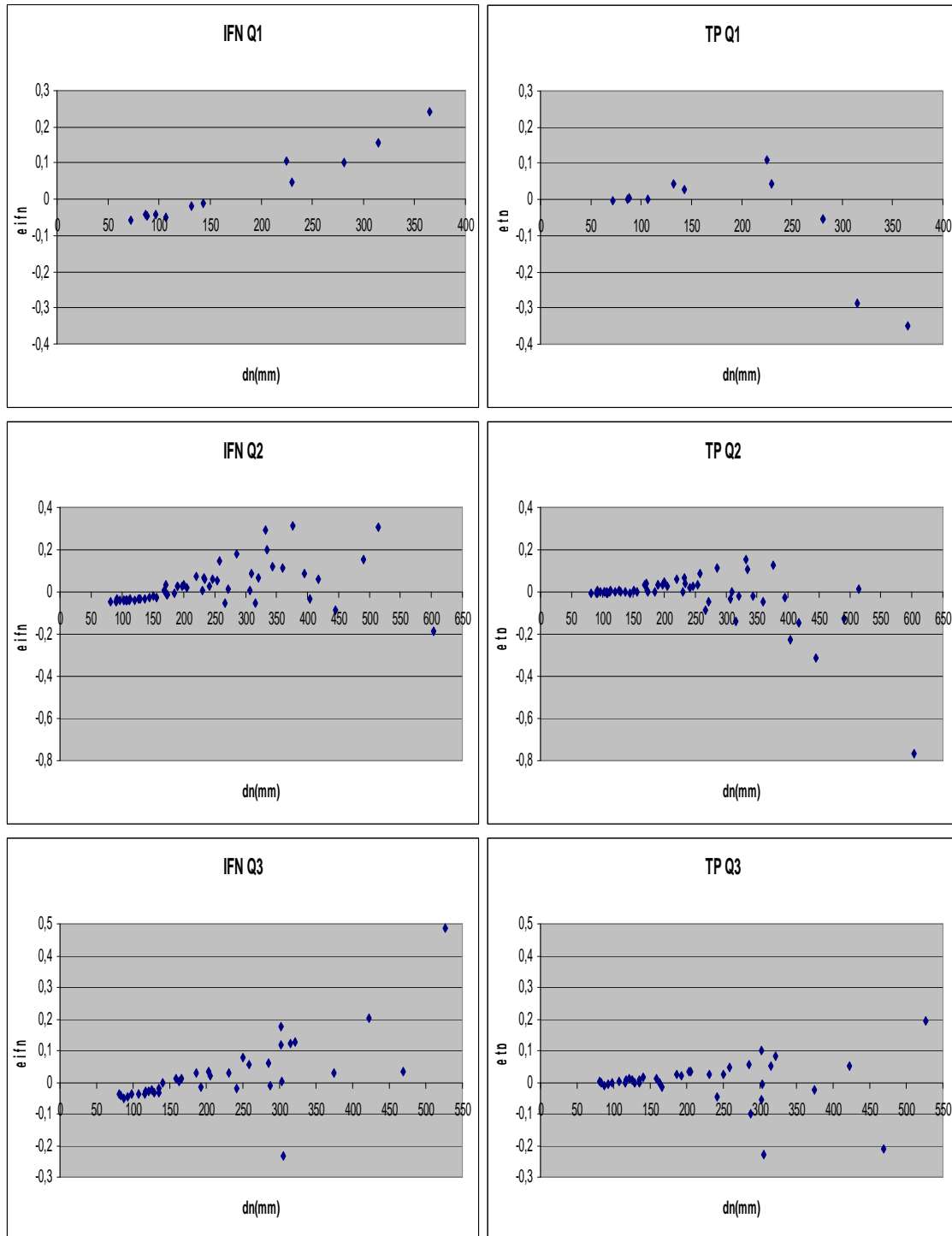


FIG. 22. Representació gràfica dels residus del III IFN i del model proposat amb aquest estudi, davant del diàmetre normal, segons les qualitats I, II i III.

Per a la Qualitat I:

En el cas del tercer inventari podem observar que per a diàmetres $<20\text{cm}$ la tarifa sobreestima el volum real, en canvi per a valors $>20\text{cm}$ la tarifa l'infraestima.

En canvi en el cas de la tarifa proposada per aquest TPT es pot veure que fa tot lo contrari, per a diàmetres $<25\text{cm}$ la tarifa infraestima el volum real, en canvi per a valors de diàmetre $>25\text{cm}$ la tarifa sobreestima.

Per a la Qualitat II:

En el cas del III IFN podem observar que a partir de $20\text{-}25\text{cm}$ la dispersió dels errors és més gran que en el model proposat per nosaltres i amb tendència a infraestimar. Això vol dir que per a valors més alts de $20\text{-}25\text{cm}$ de diàmetre la tarifa infraestima més el volum real que no el model proposat per nosaltres.

Per la Qualitat III:

En el cas del III IFN per a diàmetres superiors a 14cm infraestima el volum, i en canvi el model proposat no es detecta cap tendència.

Independentment de la qualitat, el model utilitzat al tercer inventari, en principi, no millora els resultats gràfics oferts pel model proposat.

La **taula 16** complementa amb un nou criteri la informació gràfica presentada, fent us dels estadístics de bondat d'ajust.

TAULA 16. Promig dels estadístics de bondat d'ajust, segons qualitat, pel model proposat i l'utilitzat al tercer inventari forestal nacional

Estadístics	Model	I(11)	II(56)	III(37)
Biaix	Proposat	-0.0422	-0.0167	0.0022
	ifn3	0.0389	0.0271	0.0249
	ifn2	-0,0157	-0,0167	-0,0011
Magnitud de l'error	Proposat	0.0842	0.0570	0.0411
	ifn3	0.0804	0.0683	0.0641
	ifn2	0,0396	0,0384	0,0306

Els valors que es troben entre parèntesis són el número d'arbres que s'han tallat de cada una de les qualitats, tal com es pot observar a la **taula 10**.

A la **taula 16** es pot observar quin dels tres models s'ajusta més a la realitat. En tots els casos el model del II Inventari Forestal Nacional presenta un biaix i una magnitud de

l'error més baix que la resta de models. Precisament aquest model és el que presenta un esforç de mostreig més elevat.

Si comparem els altres dos models entre ells, podem observar que per a la qualitat I el model utilitzat pel III Inventari Forestal Nacional és lleugerament millor que el proposat, en canvi per a la qualitat II passa totalment el contrari. Amb la qualitat III la diferència entre una tarifa i l'altre és molt més accentuada a favor del model proposat.

4.4. VOLUM ESTIMAT PEL MODEL PROPOSAT

A les **taules 17, 18 i 19** es presenten per a cada una de les qualitats, el volum estimat pel model proposat (V_e) i el Volum real calculat per Smalian (V_s), en funció del diàmetre normal (dn) i l'alçada (H) de cada arbre i parcel·la.

El primer número del nom indica el número de parcel·la i el segon número ens indica el número de l'arbre tallat.

TAULA 17. Volum estimat pel model proposat (V_e) i volum real calculat per Smalian (V_s), en funció del diàmetre normal (dn) i l'alçada (H) per a cada un dels arbres de la qualitat I. Equació del model proposat en la Qualitat I: $V_e = 75,4070 \cdot dn^{3,20471} \cdot H^{-0,175846}$

QUALITAT	NOM	dn	H	V_e	V_s
I	MOR 2/1	0,072	15,19	0,0102	0,0050
I	FEN 5/1	0,087	11,13	0,0197	0,0206
I	FEN 5/2	0,088	14,58	0,0195	0,0228
I	MOR 2/2	0,107	14,82	0,0364	0,0362
I	FEN 5/3	0,132	20,12	0,0676	0,1104
I	FEN 5/4	0,143	16,87	0,0901	0,1182
I	CAN 1/1	0,225	24,95	0,3595	0,4705
I	FEN 5/5	0,23	25,17	0,3851	0,4297
I	CAN ½	0,281	26,2	0,7266	0,6711
I	FEN 5/6	0,315	23,2	1,0704	0,7846
I	FEN 5/7	0,365	29,8	1,6423	1,2931

TAULA 18. Volum estimat pel model proposat (V_e) i volum real calculat per Smalian (V_s), en funció del diàmetre normal (dn) i l'alçada (H) per a cada un dels arbres de la qualitat II. Equació del model proposat en la Qualitat II: $V_e = 0,1962 \cdot dn^{2,0065} \cdot H^{1,1533}$

QUALITAT	NOM	dn	H	V_e	V_s
II	MOR 3/1	0,082	11,39	0,0215	0,0137
II	FEN 7/1	0,09	12,6	0,0291	0,0194
II	COLL 3/1	0,092	8,1	0,0182	0,0230
II	FEN 3/1	0,092	15,7	0,0391	0,0327
II	COLL 10/1	0,097	7,75	0,0193	0,0199
II	MOR 3/2	0,103	12,65	0,0383	0,0393
II	FEN 3/2	0,103	13,8	0,0423	0,0399
II	COLL 3/2	0,107	11,2	0,0359	0,0371
II	FEN 7/2	0,107	14,6	0,0487	0,0422
II	FEN 7/3	0,108	14,6	0,0497	0,0422
II	FEN 1/1	0,112	10,55	0,0367	0,0375
II	MOR 3/3	0,113	13,85	0,0512	0,0546
II	COLL 3/3	0,121	13,52	0,0571	0,0547
II	MOR 3/4	0,127	10,4	0,0465	0,0508
II	MOR 3/5	0,13	11,6	0,0553	0,0551
II	FEN 7/4	0,1375	14,5	0,0800	0,0787
II	FEN 3/3	0,144	18,5	0,1162	0,1124
II	FEN 1/2	0,151	14,35	0,0954	0,1036
II	FEN 3/4	0,156	15,75	0,1134	0,1120
II	FEN 3/5	0,169	14,9	0,1248	0,1562
II	FEN 7/5	0,1707	21,5	0,1944	0,2367
II	FEN 1/3	0,172	16,93	0,1499	0,1532
II	COLL 10/2	0,173	18,57	0,1687	0,1667
II	FEN 3/6	0,185	20,93	0,2215	0,2200
II	FEN 3/7	0,19	19,31	0,2130	0,2487
II	FEN 1/4	0,19	19,59	0,2165	0,2470
II	COLL 10/3	0,198	19	0,2271	0,2609
II	COLL 3/4	0,2	16,28	0,1939	0,2388
II	FEN 3/8	0,205	17,75	0,2251	0,2523
II	FEN 7/6	0,22	20,8	0,3114	0,3712
II	FEN 1/5	0,23	18,49	0,2972	0,2966
II	FEN 3/9	0,233	16,94	0,2757	0,3393
II	MOR 1/1	0,234	21,6	0,3681	0,4059
II	COLL 3/5	0,241	18,18	0,3201	0,3385
II	FEN 4/1	0,247	21,93	0,4175	0,4453
II	MOR 1/2	0,254	19,03	0,3750	0,4078
II	FEN 3/10	0,258	23,75	0,4995	0,5892
II	FEN 1/6	0,267	19,54	0,4273	0,3429
II	COLL 10/4	0,272	22,85	0,5312	0,4843
II	FEN 3/11	0,285	22,2	0,5643	0,6794
II	COLL 3/6	0,307	18,5	0,5309	0,4952
II	FEN 7/7	0,309	22,19	0,6633	0,6658
II	FEN 1/7	0,316	21,9	0,6834	0,5428
II	COLL 3/7	0,321	21,8	0,7015	0,6803

QUALITAT	NOM	dn	H	Ve	Vs
II	FEN 7/8	0,3315	25,13	0,8816	1,0381
II	MOR 3/6	0,335	21,3	0,7441	0,8533
II	FEN 1/8	0,343	24,57	0,9199	0,8973
II	COLL 3/8	0,36	24,47	1,0089	0,9594
II	PLAN 3/1	0,376	25,09	1,1331	1,2602
II	MOR 3/7	0,395	19,09	0,9127	0,8854
II	COLL 3/9	0,404	23,2	1,1957	0,9698
II	COLL 10/5	0,418	23,1	1,2739	1,1272
II	COLL 10/6	0,445	22,7	1,4156	1,1012
II	MOR 3/8	0,49	22,5	1,7000	1,5733
II	COLL 10/7	0,514	21,53	1,7785	1,7949
II	COLL 10/8	0,604	25,6	3,0018	2,2325

TAULA 19. Volum estimat pel model proposat (V_e) i volum real calculat per Smalian (V_s), en funció del diàmetre normal (dn) i l'alçada (H) per a cada un dels arbres de la qualitat III. Equació del model proposat en la Qualitat III: $V_e = 0,0862 \cdot dn^{1,9013} \cdot H^{1,3844}$

QUALITAT	NOM	dn	H	Ve	Vs
III	COLL 7/1	0,081	9,93	0,0174	0,0191
III	COLL 7/2	0,083	10,15	0,0188	0,0181
III	FEN 2/1	0,087	11,21	0,0236	0,0145
III	FEN 6/1	0,107	9,83	0,0291	0,0327
III	COLL 2/1	0,093	12,35	0,0306	0,0223
III	PLAN 2/1	0,098	13,77	0,0393	0,0385
III	COLL 4/2	0,121	10,63	0,0410	0,0538
III	COLL 7/5	0,135	10,6	0,0503	0,0573
III	COLL 7/3	0,117	14,15	0,0571	0,0619
III	COLL 4/1	0,116	14,42	0,0577	0,0553
III	COLL 7/4	0,125	14,2	0,0651	0,0737
III	PLAN 2/2	0,1285	14,22	0,0687	0,0678
III	FEN 8/1	0,1355	18,75	0,1115	0,1103
III	FEN 2/2	0,14	18,23	0,1141	0,1289
III	COLL 2/2	0,193	12,75	0,1281	0,1472
III	FEN 6/2	0,159	20,84	0,1750	0,1855
III	FEN 2/3	0,163	21,31	0,1892	0,1863
III	COLL 4/3	0,205	16,78	0,2101	0,2433
III	FEN 2/4	0,186	19,98	0,2224	0,2481
III	PLAN 1/1	0,203	18,32	0,2329	0,2653
III	FEN 8/2	0,166	25,21	0,2471	0,2303
III	COLL 7/6	0,231	18	0,2906	0,3152
III	COLL 4/4	0,258	17,45	0,3435	0,3919
III	COLL 2/3	0,241	19,92	0,3624	0,3154
III	COLL 4/5	0,285	16,72	0,3912	0,4479
III	COLL 5/1	0,305	15,8	0,4115	0,1809
III	FEN 2/5	0,25	22,09	0,4484	0,4720
III	COLL 2/4	0,303	17	0,4497	0,4419
III	COLL 5/2	0,321	19,05	0,5875	0,6701

QUALITAT	NOM	dn	H	Ve	Vs
III	FEN 2/6	0,287	22,6	0,6016	0,5032
III	COLL 4/6	0,302	21,4	0,6146	0,7152
III	COLL 7/7	0,315	20,7	0,6359	0,6853
III	COLL 2/5	0,374	18,6	0,7601	0,7338
III	FEN 2/7	0,302	26,76	0,8375	0,7824
III	COLL 4/7	0,422	21,47	1,1663	1,2163
III	COLL 7/8	0,469	23,2	1,5871	1,3751
III	PLAN 1/2	0,527	23,1	1,9692	2,1614

Tarifa de cubicació. Volums en metres cúbics amb escorça en funció del diàmetre normal (dn) i de l'alçada de l'arbre (H) obtinguts per l'aplicació de la fórmula.

4.5. TAULES DE CUBICACIÓ DEL MODEL PROPOSAT SEGONS QUALITAT

A les **taules 20, 21 i 22** es poden observar les taules de cubicació en funció de la qualitat, per la tarifa proposada per aquest TPT i la proposada pel III Inventari Forestal Nacional.

TAULA 20. Tarifa de cubicació de dos entrades, classe diamètrica en cm i alçada en m per la Qualitat I. Els valors amb negreta es corresponen amb els volums estimats segons l'equació obtinguda, i els valors en vermell son estimats per la proposada pel Inventari Forestal Nacional.

CD \ H	10	15	20	25	30	35	40
12,5	0,0642 0,0810	0,0598 0,1005	0,0568 0,1200				
17,5	0,1887 0,1185	0,1757 0,1567	0,1670 0,1950	0,1606 0,2333			
22,5	0,4222 0,1685	0,3931 0,2317	0,3737 0,2950	0,3594 0,3583	0,3480 0,4216	0,3387 0,4849	
27,5	0,8032 0,2310	0,7479 0,3255	0,7110 0,4200	0,6836 0,5145	0,6621 0,6091	0,6444 0,7036	0,6294 0,7981
32,5		1,2774 0,4380	1,2144 0,5700	1,1677 0,7020	1,1309 0,8341	1,1006 0,9661	1,0751 1,0981
37,5		2,0207 0,5692	1,9210 0,7450	1,8471 0,9208	1,7888 1,0966	1,7410 1,2724	1,7006 1,4481
42,5		3,0179 0,7192	2,8691 0,9450	2,7587 1,1708	2,6716 1,3966	2,6002 1,6224	2,5398 1,8481
47,5			4,0977 1,1700	3,9400 1,4520	3,8157 1,7341	3,7137 2,0161	3,6275 2,2981
52,5			5,6472 1,4200	5,4299 1,7645	5,2586 2,1091	5,1180 2,4536	4,9992 2,7981
57,5			7,5587 1,6950	7,2679 2,1083	7,0386 2,5216	6,8503 2,9349	6,6914 3,3481
62,5				9,4942 2,4833	9,1946 2,9716	8,9487 3,4599	8,7411 3,9481
67,5				12,1499 2,8895	11,7665 3,4591	11,4518 4,0286	11,1861 4,5981
72,5					14,7946 3,9841	14,3990 4,6411	14,0648 5,2981

TAULA 21. Tarifa de cubicació de dos entrades, classe diamètrica en cm i alçada en m per la Qualitat II. Els valors amb negreta es corresponen amb els volums estimats segons l'equació obtinguda, i els valors en vermell son estimats per la proposada pel Inventari Forestal Nacional.

CD \ H	10	15	20	25	30	35	40
12,5	0,0430 0,0810	0,0687 0,1005	0,0957 0,1200				
17,5	0,0845 1,1810	0,1349 0,1567	0,1880 0,1950	0,2432 0,2333			
22,5	0,1400 0,1685	0,2234 0,2317	0,3113 0,2950	0,4027 0,3583	0,4970 0,4216		
27,5	0,2094 0,2310	0,3342 0,3255	0,4657 0,4200	0,6024 0,5145	0,7433 0,6091	0,8880 0,7036	1,0358 0,7981
32,5		0,4673 0,4380	0,6511 0,5700	0,8422 0,7020	1,0393 0,8341	1,2416 0,9661	1,4483 1,0981
37,5		0,6227 0,5692	0,8677 0,7450	1,1224 0,9208	1,3850 1,0966	1,6545 1,2724	1,9300 1,4481
42,5		0,8005 0,7192	1,1154 0,9450	1,4428 1,1708	1,7805 1,3966	2,1269 1,6224	2,4810 1,8481
47,5			1,3943 1,1700	1,8036 1,4520	2,2256 1,7341	2,6587 2,0161	3,1013 2,2981
52,5			1,7045 1,4200	2,2047 1,7645	2,7206 2,1091	3,2500 2,4536	3,7911 2,7981
57,5			2,0458 1,6950	2,6462 2,1083	3,2655 2,5216	3,9008 2,9349	4,5503 3,3481
62,5				3,1281 2,4833	3,8602 2,9716	4,6112 3,4599	5,3789 3,9481
67,5					4,5048 3,4591	5,3812 4,0286	6,2771 4,5981
72,5					5,1993 3,9841	6,2109 4,6411	7,2449 5,2981

TAULA 22. Tarifa de cubicació de dos entrades, classe diamètrica en cm i alçada en m per la Qualitat III. Els valors amb negreta es corresponen amb els volums estimats segons l'equació obtinguda, i els valors en vermell son estimats per la proposada pel Inventari Forestal Nacional.

H \ CD	10	15	20	25	30	35	40
12,5	0,0401 0,0810	0,0702 0,1005	0,1046 0,1200				
17,5	0,0760 1,1810	0,1332 0,1567	0,1983 0,1950	0,2701 0,2333			
22,5	0,1225 0,1685	0,2147 0,2317	0,3198 0,2950	0,4356 0,3583	0,5606 0,4216		
27,5	0,1794 0,2310	0,3145 0,3255	0,4684 0,4200	0,6379 0,5145	0,8210 0,6091	1,0163 0,7036	1,2227 0,7981
32,5		0,4321 0,4380	0,6435 0,5700	0,8763 0,7020	1,1280 0,8341	1,3963 0,9661	1,6798 1,0981
37,5		0,5672 0,5692	0,8447 0,7450	1,1504 0,9208	1,4807 1,0966	1,8329 1,2724	2,2050 1,4481
42,5		0,7196 0,7192	1,0716 0,9450	1,4595 1,1708	1,8785 1,3966	2,3253 1,6224	2,7975 1,8481
47,5			1,3239 1,1700	1,8031 1,4520	2,3209 1,7341	2,8729 2,0161	3,4563 2,2981
52,5			1,6014 1,4200	2,1811 1,7645	2,8073 2,1091	3,4751 2,4536	4,1807 2,7981
57,5			1,9038 1,6950	2,5929 2,1083	3,3374 2,5216	4,1313 2,9349	4,9701 3,3481
62,5					3,9107 2,9716	4,8410 3,4599	5,8240 3,9481
67,5					4,5269 3,4591	5,6038 4,0286	6,7417 4,5981
72,5					5,1857 3,9841	6,4193 4,6411	7,7228 5,2981

5.CONCLUSIONS

Les conclusions obtingudes sobre els models de predicció del volum de fusta pel faig són les següents:

- La tarifa de cubicació més adequada (tot i que presenta dificultats de mostreig) per estimar el volum total individual de faig a la zona de Vidrà és el model potencial de tres entrades (dn , H i D_4).
- La inclusió del diàmetre a 4 metres del arbre com a variable explicativa millora la precisió de les estimacions.
- Amb només variables d'alçada i diàmetre normal tant el model proposat com el model del III Inventari For NA presenten una capacitat predictiva alta, essent el model proposat lleugerament millor en diagnòstic i validació.
- El model de cubicació més fàcil i que ens permet resoldre amb una bona estimació el volum total individual de faig a la zona de Vidrà és el model proposat per aquest TPT, és a dir, el model potencial de dues entrades (dn i H).
- En la comparació del model de cubicació proposat per aquest TPT, i els models del III Inventari Forestal Nacional a la zona de Girona, es conclou:
 - Per la qualitat I la tarifa de dues entrades del IFN3 s'ajusta una mica millor que la tarifa proposada, ja que la tarifa proposada sobreestima més el volum.
 - Per la qualitat II la tarifa proposada s'ajusta millor que la tarifa del IFN3, ja que el model proposat sobreestima menys el volum.
 - Per a la qualitat III la tarifa proposada s'ajusta millor que la tarifa del IFN3, ja que el model proposat infraestima menys el volum.

6.BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA:

-AGÚNDEZ, D.; MARTÍN, S.; DE MIGUEL, J.; GALERA, R.; JIMÉNEZ, M^aP.; M.DÍAZ-FERNANDEZ, P. (1995) REGIONES DE PROCEDENCIA FAGUS SYLVATICA L. MADRID: ICONA. MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN.

-BRAVO, F. I LIZARRALDE, I. (2004) *MODELO DE DINÁMICA DE RODALES FORESTALES PARA LAS MASAS NATURALES DE PINO SILVESTRE EN CASTILLA Y LEÓN. PROTOCOLO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS*. DOCUMENT INTERN. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. PALENCIA.

-CEBALLOS, L & RUIZ DE LA TORRE, J., (1979) *ARBOLES Y ARBUSTOS DE LA ESPAÑA PENINSULAR*. MADRID : ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES : FUNDACIÓN CONDE DEL VALLE DE SALAZAR.

- CENTRE DE LA PROPIETAT FORESTAL, 1995 *APUNTS DE SILVICULTURA 4*.

- CONSORCI FORESTAL DE CATALUNYA (2008) - ARTÍCULO PUBLICAT XXV JORNADES TÈCNiques SILVÍCOLES.

-COSTA, M.; GARCÍA ANTÓN, M.; MORLA, C. & SAINZ DE OLLERO. (1990). *LA EVOLUCION DE LOS MONTES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA: UNA INTERPRETACIÓN BASADA EN DATOS PALEOGEOGRÁFICOS*. ECOLOGÍA. FUERA DE SERIE Nº 1.

-CREAF (2000) *INVENTARI ECOLÒGIC I FORESTAL DE CATALUNYA*. VOLUM 2. BELLATERRA: CENTRE DE RECERCA ECOLÒGICA I APLICACIONS FORESTALS.

-DE BOLÓS, O I VIGO, J., (1990). *FLORA DELS PAÏSOS CATALANS*. VOLUM 2. FUNDACIÓ JAUME I. BARCELONA.

-FAMADAS, J. (1996) *APORTACIÓ A LA SILVICULTURA DEL FAIG AL MONTSENY*. DIRECTOR-TUTOR: JOSEP ANTONI CONESA MOR. PFC. UNIVERSITAT DE LLEIDA. E.T.S.E.A

-LANIER, L., (1994). *PRÉCIS DE SYLVICULTURE 2ª ED*. NANCY : ÉCOLE NATIONALE DU GÉNIE RURAL, DES EAUX ET DES FORÊT (E.N.G.R.E.F).

-MADRIGAL, A; CALAMA, R; MADRIGAL, G; AUNÓS, A; REQUE, J.A; *CAPÍTOL SELVICULTURA DE FAGUS SYLVATICA L. EN SERRADA, R.; MONTERO, G.; REQUE, J.A. (2008) COMPENDIO DE SELVICULTURA APLICADA EN ESPAÑA*. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA AGRARIA Y ALIMENTARIA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. FUNDACIÓN CONDE DEL VALLE DE SALAZAR.

-MADRIGAL, A.; ÁLVAREZ, J.G.; RODRÍGUEZ, R. I ROJO, A. (1999) *TABLAS DE PODUCCIÓN PARA LOS MONTES ESPAÑOLES*. MADRID: FUNDACIÓN CONDE DEL VALLE DE SALAZAR.

- MADRIGAL, A.; PUERTAS, F.; MARTÍNEZ MILLÁN, J. (1992). *TABLAS DE PRODUCCIÓN PARA FAGUS SYLVATICA L. EN NAVARRA*. GOBIERNO DE NAVARRA. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y MONTES. SECRETARÍA TÉCNICA. SERIE AGRARIA Nº 3 PAMPLONA.
- MARTÍNEZ, F. & MORLA, C. (1992). *APROXIMACIÓN A LA PALEOCOROLOGÍA HOLOCENA DE FAGUS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA A TRAVÉS DE DATOS PALEOPOLÍNICOS*. EN ELENA, R. (ED.). ACTAS DEL CONGRESO INTERNACIONAL DEL HAYA. *INVESTIGACIÓN AGRÁRIA. SISTEMAS Y RECURSOS FORESTALES*. FUERA DE SERIE Nº 1, VOL I.
- MINGUELL, J. (2005) *TIPOLOGIA DE LES FAGEDES CATALANES: DETERMINACIÓ I CARACTERITZACIÓ SILVÍCOLA DE LES MASSES DE FAGUS SYLVATICA L. DE CATALUNYA, EN BASE A LES DADES DEL TERCER INVENTARI FORESTAL NACIONAL*. PFC. UNIVERSITAT DE LLEIDA. ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA.
- MUNDET, R I CAPÓ, J (2008). *GUIA. CLASSIFICACIÓ DE LA FUSTA EN PEU; APLICACIONS I TRANSFORMACIÓ DE LA FUSTA DELS BOSCOS CATALANS*. CONSORCI FORESTAL DE CATALUNYA.
- PARDÉ, J. I BOUCHON, J. (1994) *DASOMETRÍA*. MADRID: PARANINGO
- PRIETO, A. I HERNANDO, A. (1995) *TARIFAS DE CUBICACIÓN E INVENTARIO POR ORDENADOR*. FUNDACIÓN CONDE DEL VALLE DE SALAZAR
- RODRÍGUEZ, F. (2005) *MODELOS DE PRODUCCIÓN DE LAS CHOPERAS DEL VALLE DEL CINCA*. A. AUNÓS (DIRECTOR) TESIS DOCTORAL. UNIVERSITAT DE LLEIDA. ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRÀRIA.
- S.A.S., INSTITUTE INC. 2004. SAS/STAT® 9.1 USER'S GUIDE. CARY NC: SAS INSTITUTE INC. U.S.A.
- SAS INSTITUTE INC. 2008. JMP®8. STATISTICS AND GRAPHICS GUIDE, CARY, NC, USA.
- TERRADAS, J. (1984) *INTRODUCCIÓ A L'ECOLOGIA DEL FAIG AL MONTSENY*. BARCELONA: DIPUTACIÓ DE BARCELONA. SERVEI DE PARCS NATURALS
- TESSIER DU CROSS, E. ET AL. (1981). *LE HÊTRE*. INRA, PARIS.
- TRISTANY, J. (2000): *QUALITAT MORFOLÒGICA DEL FAIG (FAGUS SYLVÀTICA L.) A CATALUNYA*. DIRECTOR-TUTOR: ÁLVARO AUNÓS. PROJECTE FI DE CARRERA. UNIVERSITAT DE LLEIDA. E.T.S.E.A.
- VIGNOTE, S.; PICOS, J.; ZAMORA, R. (2000). *CARACTERÍSTICAS DE LAS PRINCIPALES MADERAS UTILIZADAS EN BIZKAIA: TECNOLOGÍA Y APLICACIONES*. DIPUTACIÓN FLORAL DE BIZKAIA, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA.

-WALTER, H., (1976). *VEGETACIÓ I CLIMES DEL MÓN*. DEPARTAMENT DE BOTÀNICA. FACULTAT BIOLOGIA. UB. TRADUÏT DE LA 2^a EDICIÓ ALEMANA.

- XARXA AGROMETEOROLÒGICA DE CATALUNYA 2009.

-III INVENTARI FORESTAL NACIONAL 1997-2007 – CATALUNYA;GIRONA (2001). MADRID. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE.DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA.

-II INVENTARI FORESTAL NACIONAL 1986-1995 – CATALUNYA; GIRONA (1990). MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN. ICONA.

WEBS:

-AJUNTAMENT DE VIDRÀ:

http://webspobles.ddgi.cat/sites/vidra/Pages_LeftMenu/situaciomapa.aspx

-GENERALITAT DE CATALUNYA:

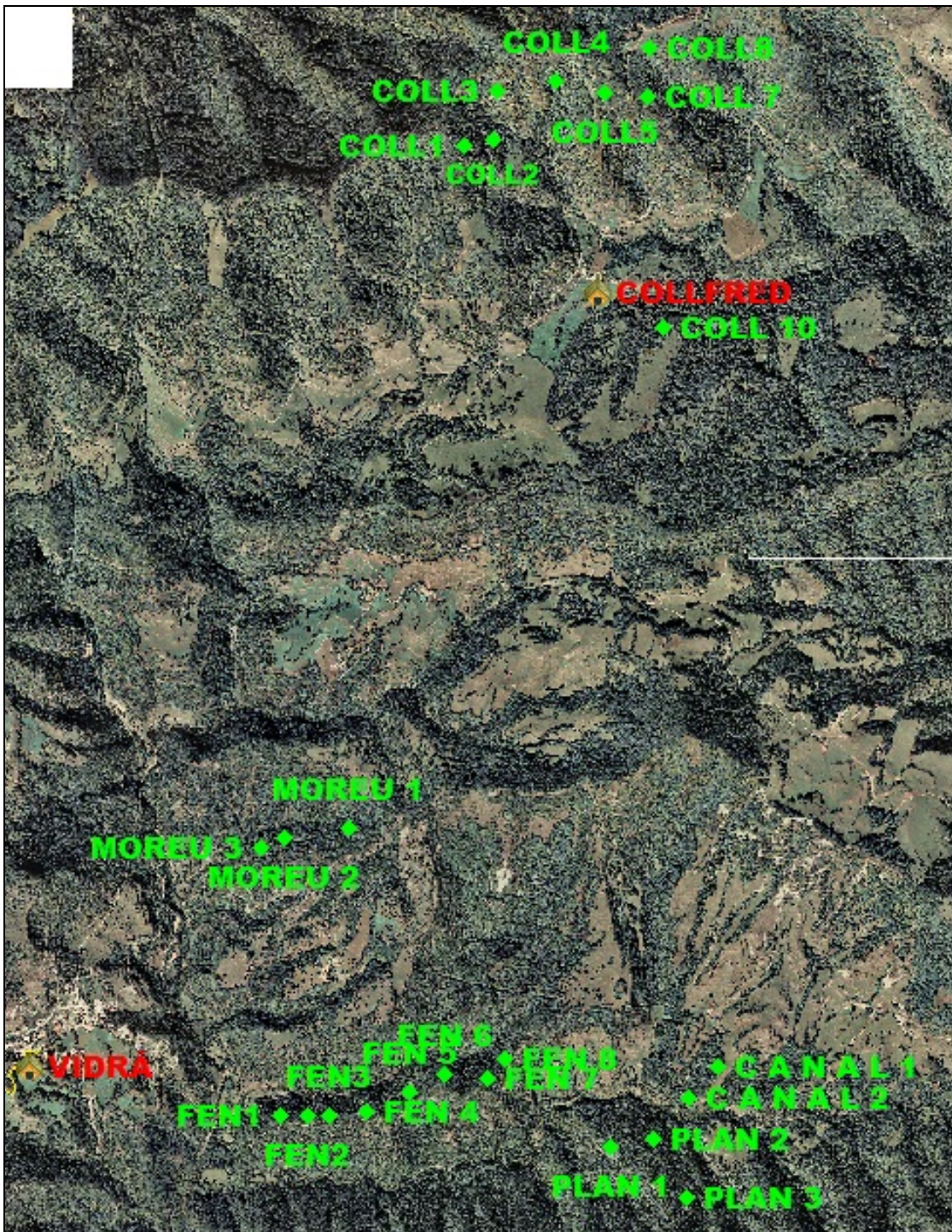
http://cercador.gencat.cat/cercador/AppJava/cache.jsp?q=cache:fYiEYmmqs_wJ:http://mediambient.gencat.cat/cat/el_medi/espais_naturals/pein/doc/plans_proteccio/Savassona.pdf%2Bvidran%E8s&ie=iso-8859-1&t=2

-CREAF (2003):

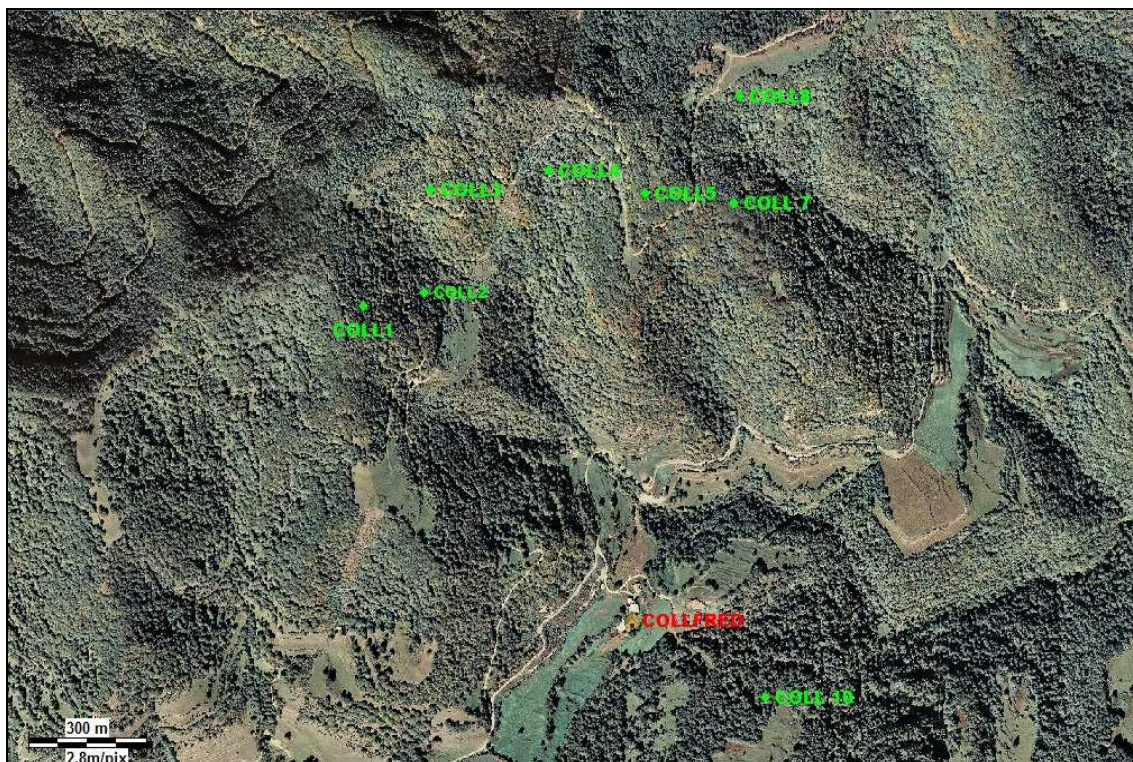
<http://www.creaf.uab.cat/iefc/pub/Introduccio/Especies/MapaFaig.htm>

7. ANNEXES

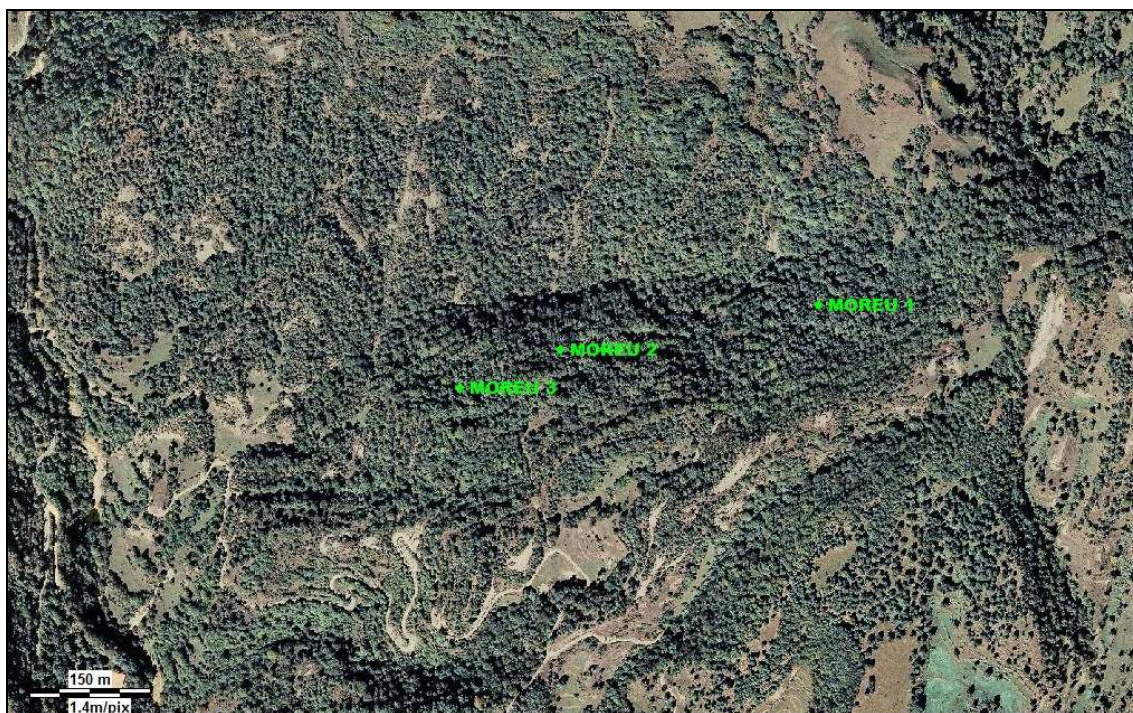
ANNEX 1. UBICACIÓ DE LES PARCEL·LES SOBRE EL TERRENY.



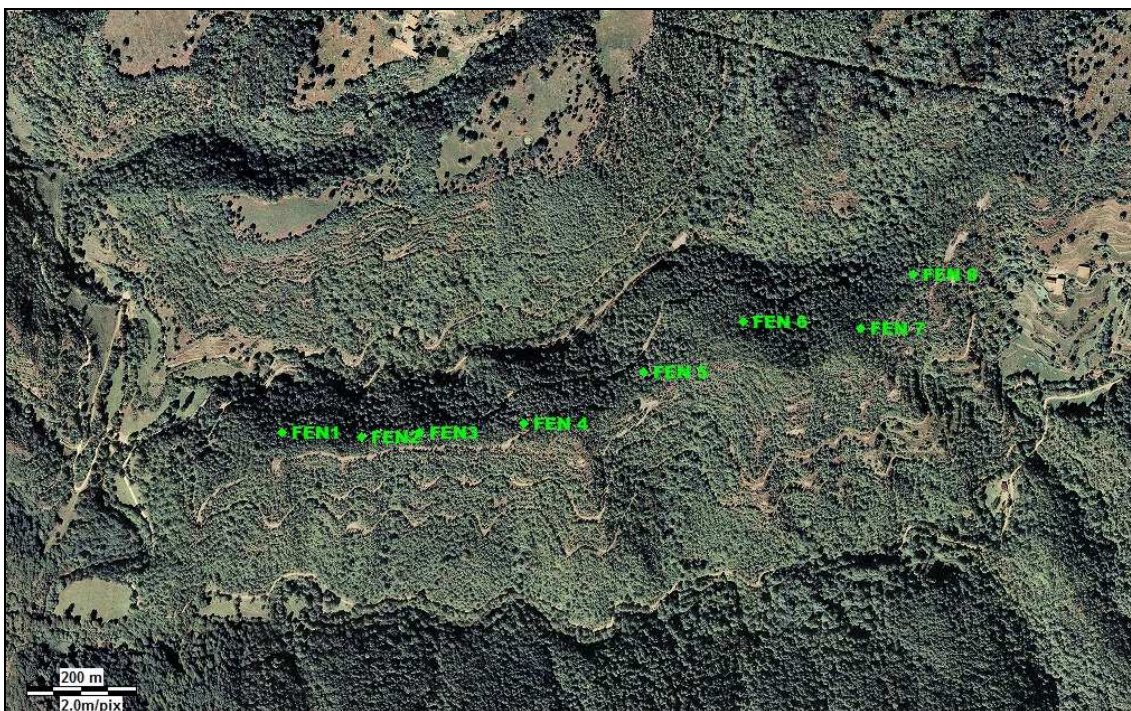
Ubicació de les parcel·les realitzades.



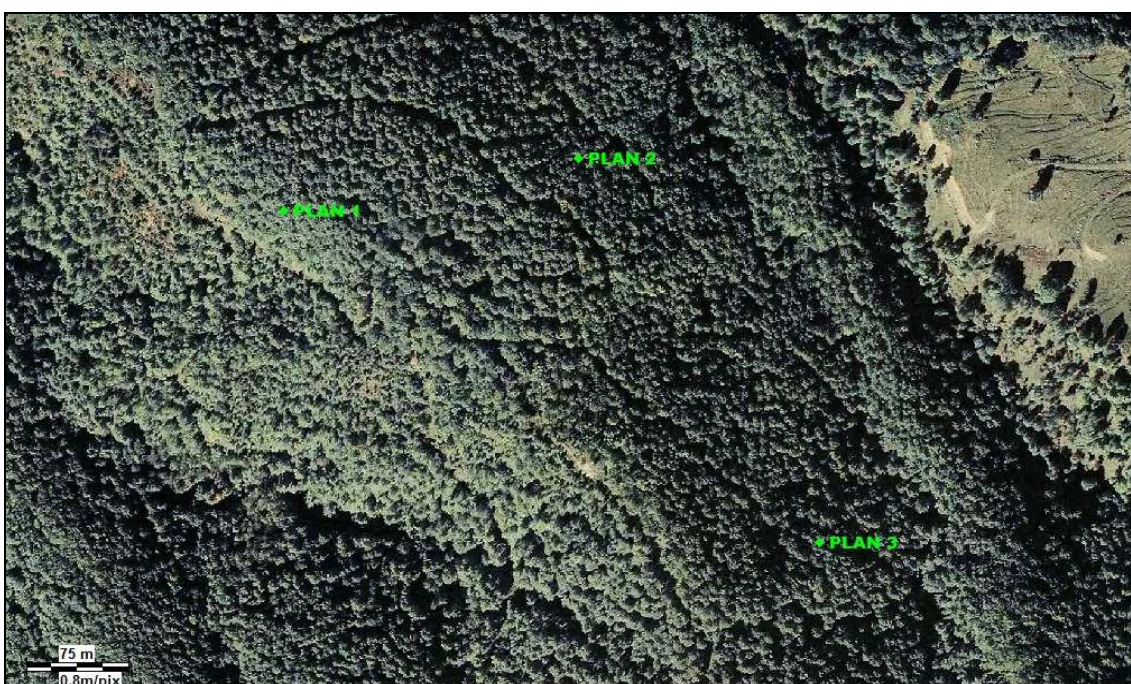
Parcel·les realitzades a la finca de Collfred.



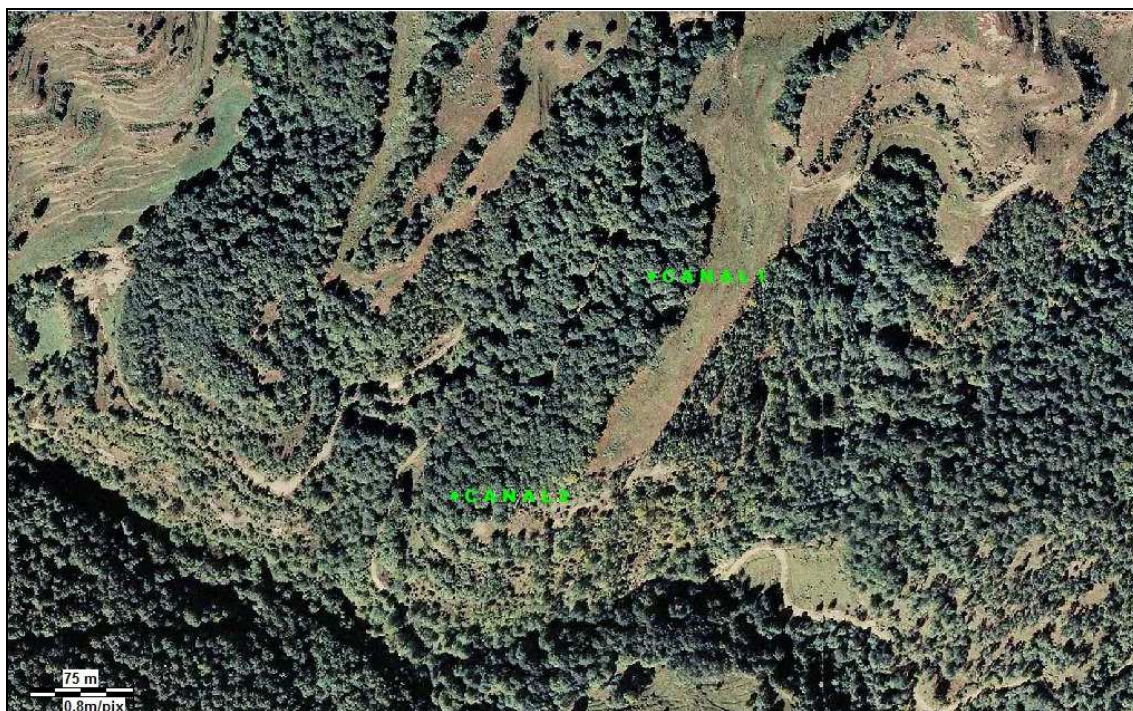
Parcel·les realitzades a la finca del Moreu.



Parcel·les realitzades a la finca del Cavaller, concretament a l'obac de la Fenaiola.



Parcel·les realitzades a la finca de la Planadella.



Parcel·les realitzades a la finca de la Canal.

ANNEX 2. FITXES DE CAMP**1.FITXA DE CARACTERITZACIÓ DASOMÈTRICA****FITXA CARACTERITZACIÓ DASOMÈTRICA****1. Identificació parcel·la:**

Nom Parcel·la: _____

Finca: _____

Data: _____

Coordenades UTM:

x: _____

Altitud: _____ m

y: _____

Orientació: _____

Espècie: _____

2. Dasometria

El diàmetre és mesurat amb la cinta diamètrica i a alçada 1,30m de la base de l'arbre.

Núm. peu	Ø normal (cm)	Observacions
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		

2.FITXA DENDROMÈTRICA**FITXA DENDROMÈTRICA**

1. Nom Parcel·la: _____

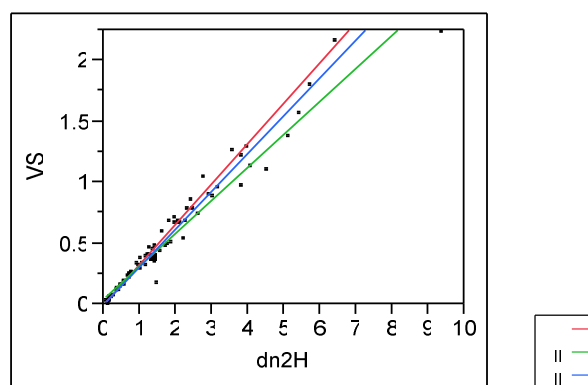
Data: _____

2. Mesura d'arbres en peu:

CODI arbre	Ø arbre (cm)	Ø arbre amb forcípula (cm)	Altura del tocó (cm)	Long. Total (m)	Long. Tronc (m)

3. Mesura d'arbres abatuts:

Ø arbre (cm)	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

ANNEX 3. PROGRAMACIÓ SAS / JMP®8**-MODEL 1**Response VS
Regression Plot**Summary of Fit**

RSquare	0.970318
RSquare Adj	0.968804
Root Mean Square Error	0.081973
Mean of Response	0.4092
Observations (or Sum Wgts)	104

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	21.527311	4.30546	640.7341
Error	98	0.658519	0.00672	Prob > F
C. Total	103	22.185829		<.0001*

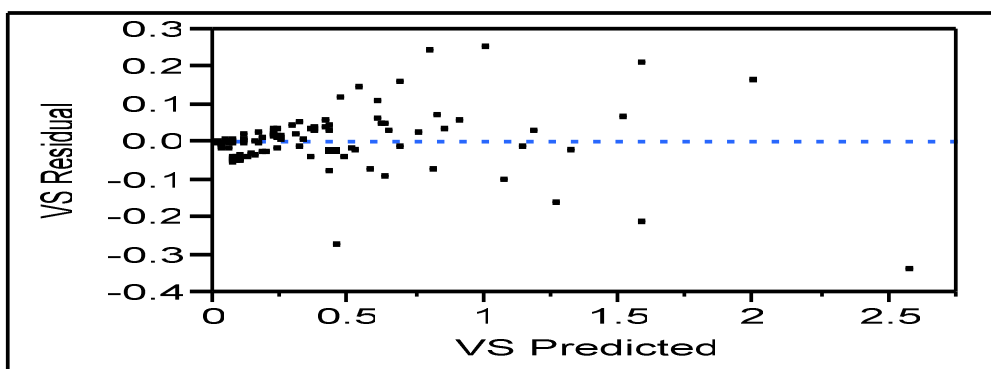
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	0.0127848	0.013515	0.95	0.3465
dn2H	0.3047862	0.007877	38.70	<.0001*
QUALITAT[I]	0.0193951	0.017779	1.09	0.2780
QUALITAT[II]	-0.013318	0.012027	-1.11	0.2708
QUALITAT[I]*(dn2H-1.33643)	0.0276513	0.014293	1.93	0.0559
QUALITAT[II]*(dn2H-1.33643)	-0.034109	0.008664	-3.94	0.0002*

Effect Tests

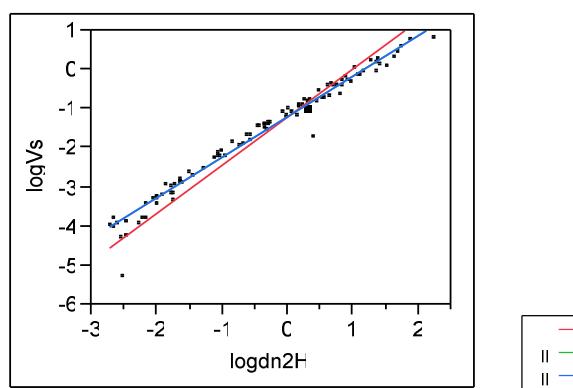
Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
dn2H	1	1	10.061249	1497.304	<.0001*
QUALITAT	2	2	0.009609	0.7150	0.4917
QUALITAT*dn2H	2	2	0.120565	8.9712	0.0003*

Residual by Predicted Plot



-MODEL 1 TRANSFORMAT

Response logVs
Regression Plot



Summary of Fit

RSquare	0.978447
RSquare Adj	0.977348
Root Mean Square Error	0.208928
Mean of Response	-1.63947
Observations (or Sum Wgts)	104

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	5	194.20209	38.8404	889.7960
Error	98	4.27779	0.0437	Prob > F
C. Total	103	198.47988		<.0001*

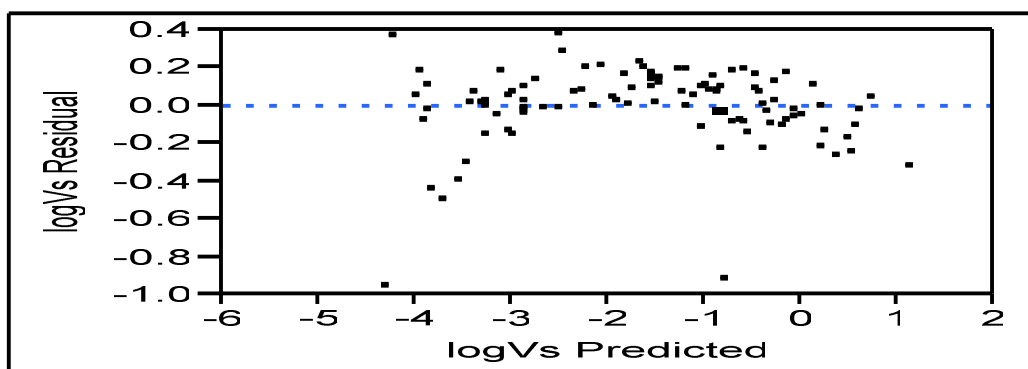
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-1.192523	0.028237	-42.23	<.0001*
logdn2H	1.1000768	0.019275	57.07	<.0001*
QUALITAT[I]	-0.062565	0.045301	-1.38	0.1704
QUALITAT[II]	0.0308353	0.030637	1.01	0.3167
QUALITAT[I]*(logdn2H+0.42038)	0.135005	0.032782	4.12	<.0001*
QUALITAT[II]*(logdn2H+0.42038)	-0.066693	0.022995	-2.90	0.0046*

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
logdn2H	1	1	142.18582	3257.338	<.0001*
QUALITAT	2	2	0.08349	0.9563	0.3879
QUALITAT*logdn2H	2	2	0.74430	8.5256	0.0004*

Residual by Predicted Plot



-MODEL 2

**Response logVs
Summary of Fit**

RSquare	0.993212
RSquare Adj	0.992333
Root Mean Square Error	0.108228
Mean of Response	-1.45253
Observations (or Sum Wgts)	97

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	11	145.66899	13.2426	1130.573
Error	85	0.99562	0.0117	Prob > F
C. Total	96	146.66462		<.0001*

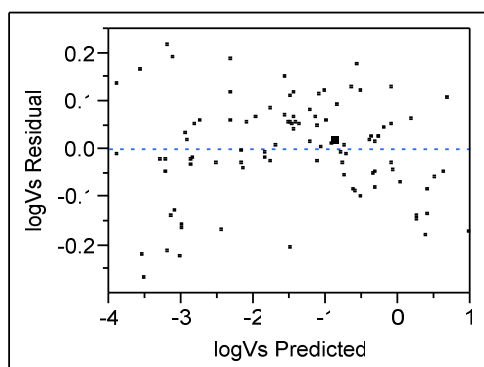
Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-0.576977	0.692282	-0.83	0.4069
logdn	0.8312856	0.204959	4.06	0.0001*
logH	0.9094183	0.178366	5.10	<.0001*
logd4	1.2502916	0.224145	5.58	<.0001*
QUALITAT[I]	-0.005329	0.071119	-0.07	0.9404
QUALITAT[II]	-0.004275	0.037231	-0.11	0.9089
QUALITAT[I]*(logdn+1.57717)	0.549369	0.375245	1.46	0.1469
QUALITAT[II]*(logdn+1.57717)	0.0079008	0.235461	0.03	0.9733
QUALITAT[I]*(logH-2.88637)	0.0672909	0.344935	0.20	0.8458
QUALITAT[II]*(logH-2.88637)	0.0287299	0.188096	0.15	0.8790
QUALITAT[I]*(logd4+1.74891)	-0.359528	0.415586	-0.87	0.3894
QUALITAT[II]*(logd4+1.74891)	-0.118537	0.25178	-0.47	0.6390

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
logdn	1	1	0.19268226	16.4500	0.0001*
logH	1	1	0.30449547	25.9959	<.0001*
logd4	1	1	0.36445195	31.1146	<.0001*
QUALITAT	2	2	0.00397823	0.1698	0.8441
QUALITAT*logdn	2	2	0.07069101	3.0176	0.0542
QUALITAT*logH	2	2	0.00771387	0.3293	0.7204
QUALITAT*logd4	2	2	0.05730256	2.4461	0.0927

Residual by Predicted Plot

**-MODEL 2 SENSE TENIR EN COMPTE LA QUALITAT**Response logVs
Summary of Fit

RSquare	0.99158
RSquare Adj	0.991309
Root Mean Square Error	0.115232
Mean of Response	-1.45253
Observations (or Sum Wgts)	97

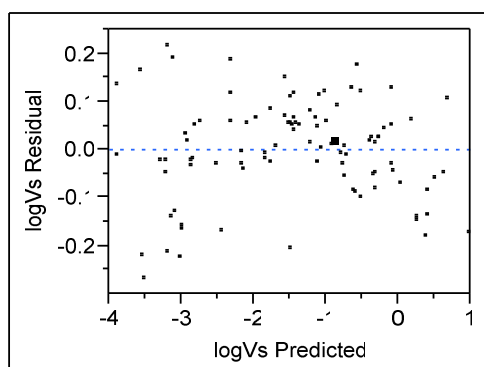
Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	145.42973	48.4766	3650.808
Error	93	1.23488	0.0133	Prob > F
C. Total	96	146.66462		<.0001*

Parameter Estimates

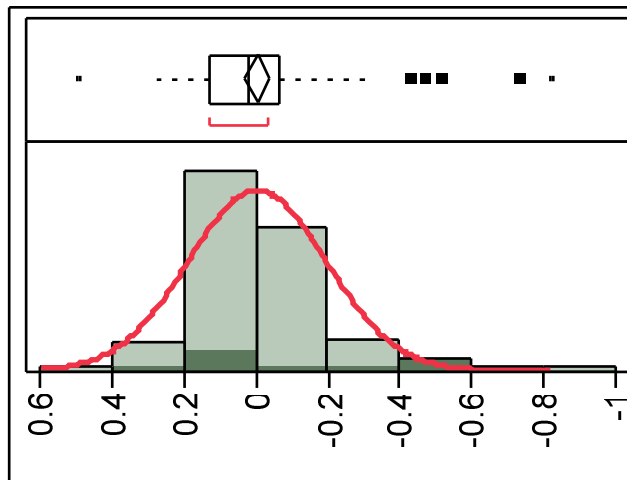
Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	-9.863631	0.167662	-58.83	<.0001*
Logdncm	0.6279658	0.145733	4.31	<.0001*
logH	0.8910891	0.07517	11.85	<.0001*
logd4cm	1.3785885	0.147748	9.33	<.0001*

Residual by Predicted Plot



-MODEL 3

Distributions
Residual logVs



— Normal(-2e-15,0.19175)

Quantiles

100.0%	Maximum	0.49081
99.5%		0.49081
97.5%		0.2719
90.0%		0.18074
75.0%	Quartile	0.12863
50.0%	Median	0.02372
25.0%	Quartile	-0.0654
10.0%		-0.2347
2.5%		-0.5679
0.5%		-0.8218
0.0%	Minimum	-0.8218

Goodness-of-Fit Test

Shapiro-Wilk W Test

W	Prob<W
0.893492	<.0001*

Note: Ho = The data is from the Normal distribution. Small p-values reject Ho.

Response logVs

Summary of Fit

RSquare	0.980919
RSquare Adj	0.979312
Root Mean Square Error	0.199663
Mean of Response	-1.63947
Observations (or Sum Wgts)	104

Analysis of Variance

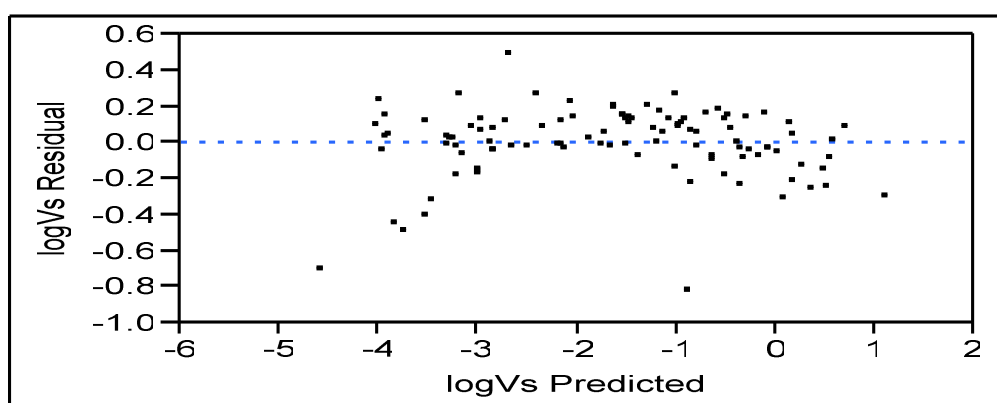
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	8	194.69267	24.3366	610.4691
Error	95	3.78721	0.0399	Prob > F
C. Total	103	198.47988		<.0001*

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	0.0809907	0.724046	0.11	0.9112
Logdn	2.3708467	0.103067	23.00	<.0001*
logH	0.7872716	0.188428	4.18	<.0001*
QUALITAT[I]	0.1241902	0.081089	1.53	0.1290
QUALITAT[II]	-0.06718	0.045161	-1.49	0.1402
QUALITAT[I]*(logdn+1.63857)	0.8338652	0.190449	4.38	<.0001*
QUALITAT[II]*(logdn+1.63857)	-0.364317	0.117224	-3.11	0.0025*
QUALITAT[I]*(logH-2.85677)	-0.963118	0.348281	-2.77	0.0068*
QUALITAT[II]*(logH-2.85677)	0.3660159	0.213846	1.71	0.0902

Effect Tests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Logdn	1	1	21.094311	529.1385	<.0001*
logH	1	1	0.695910	17.4565	<.0001*
QUALITAT	2	2	0.096955	1.2160	0.3010
QUALITAT*logdn	2	2	0.788076	9.8842	0.0001*
QUALITAT*logH	2	2	0.338466	4.2451	0.0171*

Residual by Predicted Plot

ANNEX 4. FOTOGRAFIES



ARNAU VAQUÉ



ARNAU VAQUÉ



ARNAU VAQUÉ



ARNAU VAQUÉ



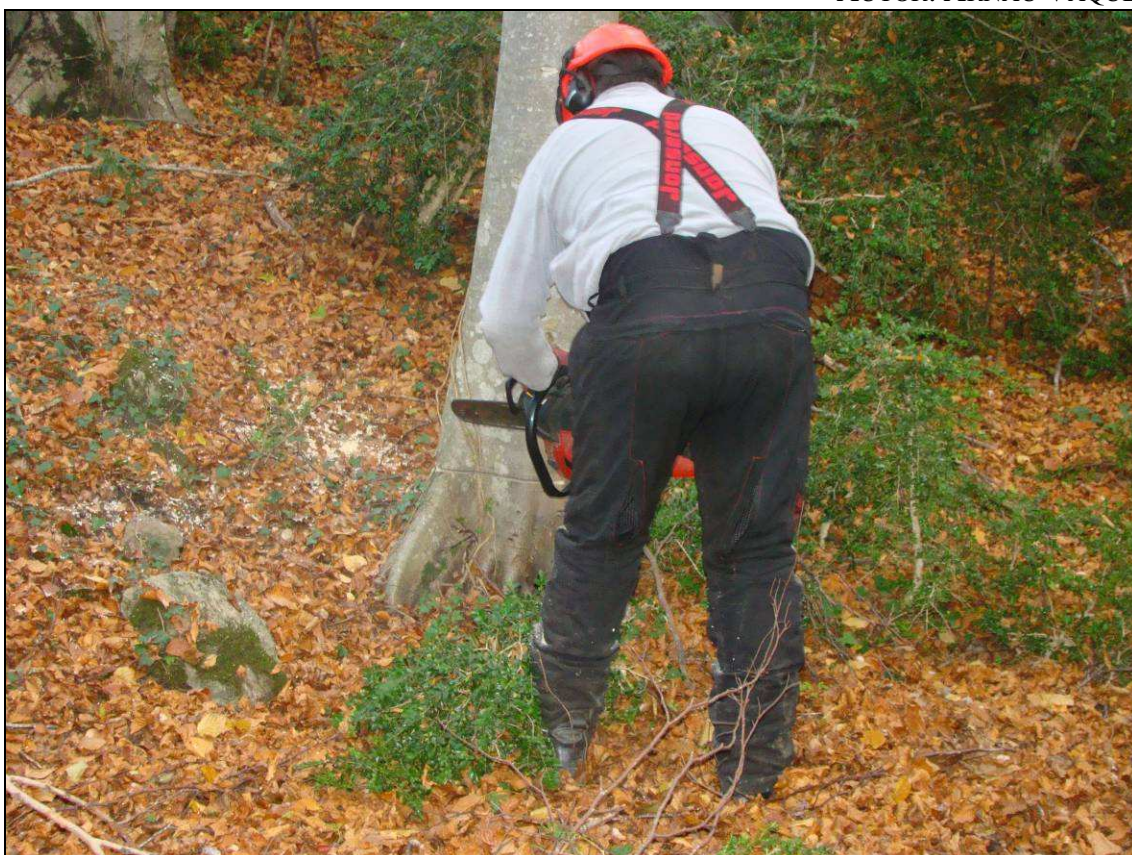
AUTOR: ARNAU VAQUÉ



AUTOR: ARNAU VAQUÉ



AUTOR: ARNAU VAQUÉ



AUTOR: ARNAU VAQUÉ



AUTOR: ARNAU VAQUÉ



AUTOR: ARNAU VAQUÉ



AUTOR: ARNAU VAQUÉ



AUTOR: ARNAU VAQUÉ

