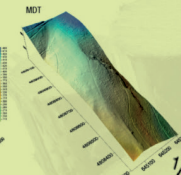
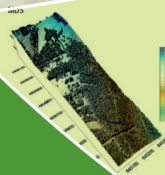
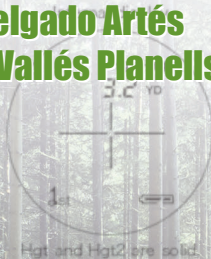


Instrumental per a l'inventari forestal

Eduardo Calabuig Vila | Rafael Delgado Artés
Francisco Galiana Galán | Maria Vallés Planells



hm	Ei	D ₀	Fi	K ₀
14	6.6	5.6	6.6	6.2
16	7.8	7.0	8.1	7.2
20	10.1	9.4	10.3	9.0
22	11.5	10.4	11.3	9.9
24	12.6	11.7	12.1	10.8
26	13.6	12.9	12.9	11.7
28	15.2	14.0	12.6	12.7
30	16.0	15.3	14.3	13.6
32	16.4	16.7	15.0	14.4
34	16.8	18.0	15.5	15.0
36	17.1	19.1		
38				

Eduardo Calabuig Vila
Rafael Delgado Artés
Francisco Galiana Galán
María Vallés Planells

INSTRUMENTAL PER A L'INVENTARI FORESTAL

EDITORIAL

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Col·lecció Acadèmica

Revisió lingüística: Àrea de Promoció i Normalització Lingüística de la UPV

“La publicació d’aquest llibre ha rebut una ajuda de l’Àrea de Promoció i Normalització Lingüística de la Universitat Politècnica de València per a la redacció de manuals universitaris en valencià”.

Per citar esta publicació s’ha d’utilitzar la següent referència: Calabuig Vila, E. [et al] (2013). Instrumental per a l’inventari forestal. València: Editorial Universitat Politècnica

Primera edició, 2013

© Eduardo Calabuig Vila
Rafael Delgado Artés
Francisco Galiana Galán
María Vallés Planells

© De les fotografies: l’autor/a

© D’aquesta edició:

Editorial Universitat Politècnica de València
Distribució: pedidos@editorial.upv.es / Tel. 96 387 70 12 /
www.editorial.upv.es / Ref. 628

Imprimeix: By print percom sl

ISBN: 978-84-8363-994-8

Imprés sota demanda

Queda prohibida la reproducció, la distribució, la comercialització, la transformació i, en general, qualsevol altra forma d’explotació, per qualsevol procediment, de la totalitat o part dels continguts d’aquesta obra sense l’autorització expressa i per escrit dels autors.

Imprés a Espanya

Quan pots mesurar allò de què parles i expressar-ho numèricament, en saps alguna cosa; però quan no pots mesurar-ho el teu coneixement és insatisfactori i pobre.

Lord Kelvin, 1895.

Presentació

Instrumental per a l'inventari forestal és un treball destinat per a l'alumnat forestal de la Universitat Politècnica de València que cobreix una part important de les competències pràctiques de les matèries relacionades amb l'inventari forestal.

La idea de la publicació d'un manual que reflectira l'instrumental de mesura forestal és conseqüència d'una contínua millora de la docència pràctica des dels primers cursos de l'assignatura dasometria i cadastre, que va començar en la titulació d'Enginyer Tècnic Forestal a l'Escola Politècnica Superior de Gandia. La intenció es va traslladar a les pràctiques d'inventariació forestal del títol d'Enginyer de Forests des del curs 2001-2002, impartit a l'actual Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural, però no ha donat el seu fruit fins a l'actualitat.

Les activitats docents orientades a l'adquisició d'habilitats en el maneig de l'instrumental d'inventari no havien deixat temps per al desenvolupament descriptiu i caracterització de l'instrumental. L'objectiu principal ha estat sempre el maneig, les utilitats i les funcions bàsiques dels principals instruments dendromètrics. L'alumnat ha hagut de demostrar els seus coneixements a través de proves concatenades i controlades per temps, en els arboretums de les escoles.

L'inici d'un nou cicle docent, conseqüència del sistema de títols de grau adaptats a quatre cursos i, en concret, la implantació del títol de Grau en Enginyeria Forestal i del Medi Natural, ha brindat l'oportunitat per veure culminada l'aspiració de comptar amb un material de suport documental a les pràctiques instrumentals, que complementa la publicació de teoria sobre l'inventari forestal (DELGADO, GIL i GALIANA, 2011), a la qual es farà referència sovint.

Així, la finalitat principal del treball és presentar les possibilitats d'un material instrumental de mesures forestals vist amb un enfocament que recull la instrumentació clàssica de l'inventari, que ha evolucionat molt en els últims anys. Alhora, s'introdueix a l'inventari forestal amb la mesura de les característiques dasomètriques, amb la intenció d'organitzar d'una manera pràctica la informació bàsica sobre les mesures forestals.

Hom és conscient de la rapidesa amb què canvia l'instrumental, a causa de l'aparició de noves tecnologies i la diversificació dels models. Per això, és també el nostre objectiu que la informació serveixca de plataforma inicial per a posteriors consultes a través de les eines d'internet que en permeten accedir a informació actualitzada.

En aquest sentit, el Mòdul I recull, en el capítol primer, les definicions i aspectes pràctics que tracten de les mesures bàsiques dasomètriques

i d'altres mesures instrumentals directes de manera introductòria, mentre que en el Mòdul II es desenvolupa la descripció i caracterització dels instruments que determinen les anteriors.

La informació de cada instrument s'ha presentat com a fitxa individualitzada o en grups d'instruments amb idèntica funcionalitat, escollint aquells que s'han considerat més coneguts i disponibles a la universitat. La fitxa compagina la informació descriptiva amb la valorativa, deixant poc espai per aspectes procedimentals, que serien els objectius docents principals de les classes pràctiques, sobre la base del coneixement instrumental. L'organització de les fitxes s'estableix per capítols en relació amb les tasques o fases pròpies de l'inventari i per això es fàcil entendre que es repetesquen instruments, com el cas dels dendròmetres múltiples, ja que tenen aplicacions de mesura en diferents fases.

Després de l'estudi dels instruments per al replanteig de les parcel·les del capítol segon, el capítol tercer tracta de les mesures dendromètriques, tot desenvolupant els instruments que permeten el mesurament del diàmetre i l'alçària de l'arbre. El quart capítol aborda les mesures epidomètriques com els creixements en diàmetres, el gruix de l'escorça i l'edat de l'arbre, mentre que el cinquè capítol mostra els instruments amb aplicacions dasomètriques, amb la descripció dels dendròmetres d'ús múltiple i també de les tècniques actuals de mesura de la coberta vegetal com és l'índex de superfície foliar.

Finalment, s'ha considerat útil per a la informació de l'alumnat la introducció de dos annexos amb principis bàsics relacionats amb la planificació de l'inventari forestal mitjançant les noves tecnologies. El primer, que tracta dels procediments de prospecció remota de les mesures amb les tècniques de caracterització terrestre per emissions de llum làser (LiDAR o *Light Detection And Ranging*) i el segon de la planificació i gestió de la informació territorial mitjançant sistemes d'informació geogràfica (GIS), es consideren les tècniques auxiliars actuals de major transcendència en els procediments de l'inventari forestal.

Esperem que aquesta publicació siga també d'utilitat per a aquells que necessiten fer una selecció d'instruments durant la vida professional. Així, abans d'iniciar-se a un aprenentatge dels aparells a través de guies o manuals, hauran tingut l'oportunitat de conèixer les possibilitats que cada instrument ofereix per a un determinat mesurament forestal.

ÍNDIX GENERAL

MÒDUL I	INTRODUCCIÓ.....	9
	CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ	11
MÒDUL II	FITXES DESCRIPTIVES	31
	CAPÍTOL 2. INSTRUMENTS PER AL REPLANTEIG DE PARCEL·LES	33
	CAPÍTOL 3. INSTRUMENTS PER AL MESURAMENT DENDROMÈTRIC.....	71
	CAPÍTOL 4. INSTRUMENTS PER A ALTRES MESURAMENTS.....	135
	CAPÍTOL 5. INSTRUMENTS PER AL MESURAMENT DASOMÈTRIC	161
MÒDUL III	ANNEXOS	205
	ANNEX 1. INTRODUCCIÓ A L'INSTRUMENTAL LIDAR	207
	ANNEX 2. ELS SIG EN L'INVENTARI FORESTAL	217
	BIBLIOGRAFIA.....	227

MÒDUL I

INTRODUCCIÓ

CAPÍTOL 1. INTRODUCCIÓ

1.1. INTRODUCCIÓ A LA DENDROMETRIA	11
1.2. EL MESURAMENT FORESTAL	13
1.2.1. ELS APARELLS DE MESURA	16
1.3. PRINCIPALS VARIABLES DENDROMÈTRIQUES	16
1.3.1. EL GRUIX DE L'ARBRE	18
1.3.1.1. <i>El diàmetre</i>	18
1.3.1.2. <i>La circumferència</i>	19
1.3.1.3. <i>La secció</i>	20
1.3.2. L'ALÇÀRIA DE L'ARBRE	20
1.3.3. EL VOLUM.....	22
1.3.4. LA BIOMASSA.....	23
1.3.5. EL GRUIX D'ESCORÇA.....	24
1.3.6. L'EDAT	24
1.3.7. ELS CREIXEMENTS	26
1.3.7.1. <i>El creixement diamètric</i>	26
1.3.7.2. <i>El creixement en alçària</i>	27
1.4. HISTÒRIA BREU DE L'INSTRUMENTAL FORESTAL	27

1.1. Introducció a la dendrometria

La dendrometria és una de les branques que componen la dasometria, la disciplina encarregada d'avaluar les existències i l'evolució dels boscs. Ambdues estan integrades en la dasonomia, ciència que engloba les principals disciplines forestals. Fonamentalment la dasometria i la dasocràcia (ordenació de forests) a més de la silvicultura, la botànica i l'ecologia forestal.

dendrometria deriva d'un neologisme grec format per dues paraules: “*den-dros*”, que significa literalment arbre i “*metreo*”, que vol dir mesura. És a dir, el significat de la dendrometria no és més que mesura de l'arbre.

A diferència de la dasometria (on “*daso*” significa *bosc*), la dendrometria no avalua la massa forestal sinó que mesura els arbres individuals. No obstant això, per a l'estudi de les masses forestals és imprescindible partir de l'element bàsic constituent, l'arbre. És per això, que la dendrometria forma part inseparable de la dasometria, ja que recull gran quantitat d'informació que proporciona al tècnic els coneixements suficients per poder descriure i quantificar la totalitat dels recursos forestals.

Per a entendre millor les distintes branques de la dasonomia que estudiarem en aquest llibre, es descriuen de forma sintètica a continuació:

- **Dasometria:** Ciència encaminada a la determinació de les existències i creixement dels arbres i les masses forestals, així com a l'estudi de les relacions mètriques i les lleis que en regeixen el desenvolupament (DIÉGUEZ *et al.*, 2003). La dasometria té una sèrie de ciències associades:
 - **Dendrometria:** Part de la dasometria encarregada de la mesura de les dimensions de l'arbre, l'estudi de la seua forma, l'estimació del seu volum i la quantificació de la seua biomassa (LÓPEZ *et al.*, 2003).
 - **Estereometria:** Part de la dasometria lligada a la quantificació de les existències de les masses forestals.
 - **Epidometria:** Part de la dasometria encarregada de l'avaluació dels creixements d'arbres i masses forestals.
- **Inventari forestal:** Disciplina encarregada de descriure l'estat d'una massa forestal en un moment determinat (DIÉGUEZ *et al.*, 2003) aplicant una sèrie de tècniques pròpies.
- **Dasocràcia:** Ciència dirigida a organitzar una forest segons les lleis econòmiques, sense infringir les biològiques que la investigació silvícola i epidomètrica revelen (MACKAY, 1944). Aquesta no s'estudia en la present publicació però es defineix perquè és la ciència on va dirigida la informació dasomètrica obtinguda mitjançant els inventaris forestals.

Resulta interessant tenir clara la jerarquia i les relacions internes d'aquestes branques. Tot seguit es presenta un esquema que haurà de prendre's com a orientatiu, atès que no existeix unanimitat entre els diversos autors al respecte de les subdivisions de la dasometria.



De forma sintètica, podria afirmar-se que la dendrometria és la disciplina encarregada de l'estudi mètric de l'arbre. Ha tractat històricament de determinar la forma i el volum del canó però actualment també contempla l'estudi de la biomassa, a més de l'anàlisi de diversos indicadors de capçada que proporcionen informació sobre l'estat fisiològic del peu en qüestió.

A molts països la dasometria, per extensió també la dendrometria, i l'inventari forestal es consideren una única matèria que pren les següents denominacions:

- “*Forests Mensuration*”, als països anglosaxons.
- “*Holzmesskunde*” o “*Messung der Waldbestände*”, a Alemanya.
- “*Dendrométrie*”, a França.
- “*Dendrometria*”, a Itàlia.

Això és degut a que la dendrometria generalment no constitueix una finalitat en si mateixa, sinó una eina bàsica de l'inventari forestal, que al seu torn serà l'eina bàsica de suport per a la presa de decisions del gestor forestal. Així, la informació proporcionada dirigeix l'aplicació de les distintes disciplines forestals de gestió i de planificació.

1.2. El mesurament forestal

El coneixement és, quasi amb exclusivitat, el resultat de l'adquisició i captació sistemàtica d'observacions o mesuraments d'objectes concrets i fenòmens naturals (HUSH, 1971). El mesurament, en l'àmbit que ens ocupa, pren una importància molt destacada i és un requeriment bàsic per a l'extensió del coneixement forestal (HUSH *et al.*, 1982).

D'aquesta manera, la selecció de les variables a mesurar en un bosc és una qüestió certament transcendent. El grau d'apreciació de les variables estudiades ha de ser l'adequat per al nivell de detall que es persegueix, segons els objectius de l'inventari plantejat, el temps i la quantitat de recursos (humans, econòmics i materials) disponibles.

Per això, abans de res, cal conèixer els objectius de l'inventari. Caldrà respondre clarament a la pregunta: ¿Per a què mesurem?

Normalment, els motius que fan necessari qualsevol mesurament són:

- ✓ Augmentar i dirigir el nostre coneixement envers algun aspecte concret.
- ✓ Acomplir obligacions legals. Per exemple, existeixen tractats internacionals que obliguen als estats a proporcionar i mantenir informació relativa als seus recursos a gran escala.
- ✓ Justificar i dirigir actuacions.

Particularment, des d'un punt de vista forestal, les raons que solen fer necessària la quantificació i mesurament de les distintes variables mètriques d'un bosc són:

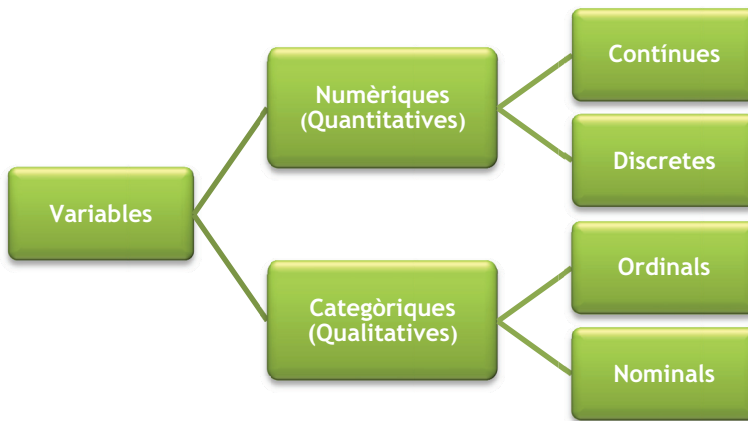
- Calcular els coeficients de forma per a desenvolupar expressions de cubicació específiques i determinar les existències de fusta per a poder conèixer la quantitat que se'n podrà extraure i com podrà classificar-se (fusta per a serra, per a trituració, etc.).
- Mesurar la quantitat de biomassa disponible per al seu aprofitament energètic.
- Determinar els indicadors de competència (densitat, àrea basimètrica, índexs d'espaiament, etc.) i la qualitat d'estació per a dirigir actuacions silvícoles.
- Mesurar l'àrea foliar per a predir quina quantitat de contaminants podran ser interceptats i absorbits per una massa forestal.
- Avaluar els danys motivats per incendis, ventades, plagues i malalties o dimensionar actuacions dirigides a la defensa i restauració d'una forest.

En els mesuraments i també posteriorment, en el tractament de la informació recollida, s'utilitza una terminologia que cal definir:

- **Magnitud:** tota propietat física que pot ser mesurada. Per exemple, la longitud, la massa, etc.

- **Mesurament:** és la lectura o valor d'una variable concreta. Normalment s'obté mitjançant la utilització d'un instrument.
- **Paràmetres:** són constants que resumeixen les dades dels elements mesurats en una població. Solen ser valors que tracten de representar les distribucions de freqüències.
- **Variable:** magnitud o característica que pren valors dins dels compresos en un conjunt. Per exemple, l'alçària, el diàmetre, el volum, etc.

Per facilitar-ne l'estudi, les variables es classifiquen segons la seua naturalesa:



- Numèriques: aquelles que es poden quantificar en una escala d'interval numèric.
 - Continues: poden prendre infinits valors dins d'un rang.
 - Disretes: sols prenen alguns valors fixes entre els quals hi ha una discontinuïtat.
- Categòriques: no són naturalment numèriques, indiquen qualitats, noms, etc.
 - Ordinals: es poden ordenar per comparació de la seua magnitud.
 - Nominals: etiqueten l'individu en funció de la presència o absència d'una o més característiques.

Per raons d'economia, al bosc no es mesuren totes les variables, sinó unes poques que s'anomenen variables bàsiques. Des del punt de vista pràctic, les variables bàsiques òptimes han de ser senzilles de mesurar, representatives de les qualitats a estudiar i numèriques, preferiblement contínues.

Tanmateix, en nombroses ocasions les característiques de les masses forestals s'estudiaran mitjançant variables qualitatives. En aquests casos caldrà utilitzar elements de referència ben definits per donar el grau de coherència requerit a les apreciacions. L'ús de valors tabulats per als atributs qualitius podria ser una bona opció.

1.2.1. Els aparells de mesura

El mesurament de les variables dendromètriques podrà realitzar-se mitjançant la utilització de diversos equips. Un aspecte molt important per a qualsevol mesurament és precisament l'elecció adequada de l'aparell, ja que influeix notablement en l'eficàcia del treball de camp i, per tant, en els resultats obtinguts.

Generalment, les prestacions dels instruments de mesura en l'àmbit forestal estan relacionades amb el preu. Per això, un aspecte a sospesar detingudament serà el grau d'interès d'invertir en la compra de determinats aparells, o bé usar aparells disponibles encara que tinguin eficàcies menors.

Juntament amb l'elecció correcta de l'aparell, en algunes situacions s'haurà de determinar també la metodologia de mesurament. En aquestes situacions s'atendrà als següents aspectes:

- El propòsit del mesurament.
- La forma, disposició i grandària de l'element a mesurar. Per exemple, arbre en peu, arbre abatut, llenyes, biomassa, etc.
- La quantitat de mesuraments i el valor total d'elements. Per exemple, la grandària de la mostra i de la població.
- La precisió i cost (eficàcia i eficiència) dels diferents mètodes de mesurament possibles.

Per a optimitzar l'ús dels instruments de mesurament forestal i sovint per a evitar-ne usos inadequats, es recomana la lectura detinguda de les fitxes tècniques que es detallaran en capítols posteriors.

1.3. Principals variables dendromètriques

Tradicionalment les variables dendromètriques bàsiques més usades han estat el diàmetre i l'alçària. A partir del diàmetre s'obté la secció a alçària normal o àrea basimètrica i amb l'estudi de la forma del canó pot calcular-se el volum de fusta d'un arbre. Altres variables utilitzades són la circumferència, l'edat i creixements o el gruix d'escorça.

Totes aquestes i d'altres variables seran estudiades a continuació, però abans cal conèixer la simbologia establida per la IUFRO (*International Union of Forest Research Organizations*, 1959) en relació a elles.

Símbol	Definició	Símbols específics	Definició i comentaris
c	Circumferència		Els símbols específics han d'indicar-se igual que d
d	Diàmetre	d_q	Diàmetre mitjà quadràtic
		\bar{d}	Diàmetre mitjà
		$d_{0,x,h}$	Diàmetre al x% de l'alçària total
		d_x	Diàmetre a x metres del terra
f	Coefficient mòrfic		Ha d'indicar-se quan s'utilitze
G	Àrea basimètrica		Símbols específics anàlegs als utilitzats per al d
h	Alçària	h_L	Alçària mitjana de Lorey
		\bar{h}	Alçària mitjana
		h_d	Alçària de l'arbre de diàmetre mitjà
		h_{dom}	Alçària dominant (a Espanya h_o)
i	Creixement	i_{x-y}	Creixement mitjà periòdic anual entre l'edat x e y
		i_d	Creixement anual en diàmetre
		i_v	Creixement anual volumètric
k	Coefficient de forma		Relació entre dos diàmetres en distintes alçàries del canó
n	Nombre (d'anys, peus, etc.)		
p	Creixement percentual		Poc utilitzat en l'actualitat
t	Edat		
v	Volum	V_x	Volum del canó fins x cm del $\emptyset < 7$ cm

Fig. 1. Resum dels símbols generals i específics segons IUFRO (1959).

Font: (DIÉGUEZ et al., 2003), elaboració pròpia.

1.3.1. El gruix de l'arbre

1.3.1.1. El diàmetre

El diàmetre és la variable dendromètrica per excel·lència, perquè és la que millor compleix les condicions de variable òptima esmentades abans.

El mesurament del diàmetre (d) es realitza normalment mitjançant procediments directes, generalment amb forcípules, i s'expressa en cm o mm. Algunes vegades la inaccessibilitat a l'arbre a mesurar o l'alçària del mateix pot motivar la utilització d'instruments telemètrics, que en fan una mesura indirecta, com el relascopi de Bitterlich.

El diàmetre es mesura per conveni internacional a 1,30 m des del terra. Al diàmetre a aquesta alçària se li anomena diàmetre normal (d_n) i es defineix com el diàmetre de la secció perpendicular a l'alçària indicada.

D'altra banda, un arbre presenta infinites direccions de mesurament, per això, per a evitar mesuraments esbiaixats, serà convenient definir en gabinet la direcció o direccions de mesura. El mesurament en una direcció determinada serà aquell que proporcione la forcípula quan els braços siguin perpendiculars a la mateixa.



Fig. 2. Mesurament diamètric amb forcípula. Font: (CALABUIG, 2012).

Atès que generalment el diàmetre es mesura amb forcípula s'han de tenir en compte les següents precaucions (RONDEUX, 2010).

Precaucions instrumentals:

- ✓ És preferible escollir una forcípula metàl·lica a una de fusta, per la facilitat de neteja i especialment per l'estabilitat dimensional.

- ✓ Assegurar-se que els braços de la forcípula estan al mateix plànol i són perpendiculars al regle graduat.
- ✓ S'ha de comprovar freqüentment el paral·lelisme dels braços.

Precaucions en el mesurament:

- ✓ Mantenir l'instrument al plànol perpendicular a l'eix del canó.
- ✓ Evitar pressionar els braços de la forcípula.
- ✓ Mesurar quan el regle estiga en contacte amb el canó.
- ✓ Apreciar el mesurament amb la màxima precisió que accepte l'escala graduada de la forcípula.

1.3.1.2. La circumferència

El mesurament de la circumferència (c), tot i que ha quedat desplaçat pel del diàmetre, segueix utilitzant-se en alguns inventaris ordinaris a països europeus i en certs inventaris d'investigació.

La circumferència serà igual al perímetre de la secció sempre que aquest siga circular. Si les seccions no són exactament circulars no s'acompleix aquesta premissa i el diàmetre generalment se sobreestima.



Fig. 3. Mesurament de circumferència a 10 cm del terra amb cinta π

Font: (CALABUIG, 2012).

Para seguir leyendo haga click aquí