

INDICE

CAPITULO 1. La madera: anomalías y defectos

- 1.1. La madera, 15
- 1.2. Estructura macroscópica, 16
 - 1.2.1. Médula, 17
 - 1.2.2. Radios leñosos, 17
 - 1.2.3. Anillos anuales o estacionales, 18
 - 1.2.4. Duramen y albura, 18
 - 1.2.5. Madera juvenil, 20
- 1.3. Defectos y alteraciones del árbol y de la madera, 20
 - 1.3.1. Defectos morfológicos del tronco, 20
 - 1.3.1.1. Curvatura del tronco, 20
 - 1.3.1.2. Conicidad, 21
 - 1.3.2. Defectos provocados por aportación cambial irregular, 22
 - 1.3.2.1. Anillos festoneados, 23
 - 1.3.2.2. Corazón excéntrico, 24
 - 1.3.3. Defectos provocados por la disposición de las fibras, 25
 - 1.3.3.1. Figuras o veteados de la madera, 25
 - 1.3.3.2. Figuras producidas por formas irregulares de las fibras, 26
 - 1.3.3.3. Figuras producidas por la impregnación desigual de la madera por materias colorantes, aceites, gomas y resinas, 27
 - 1.3.3.4. Figuras producidas por deformación y constitución anormal de los tejidos en ciertas partes del árbol, 28
 - 1.3.4. Defectos causados por la estación, 29
 - 1.3.5. Defectos debidos a agentes meteorológicos accidentales, 30
 - 1.3.5.1. Temperaturas extremas, 30
 - 1.3.5.2. Daños producidos por la caída de rayos, 32
 - 1.3.6. Heridas, 33
 - 1.3.7. Madera de reacción: compresión y tracción, 34
 - 1.3.7.1. Madera de compresión, 34
 - 1.3.7.2. Madera de tracción, 36
 - 1.3.8. Entrecasco, 38
 - 1.3.9. Acebolladura, 38
 - 1.3.10. Fendas radiales debidas a desequilibrios hídricos en el fuste, 39
 - 1.3.11. Defectos provocados por la intervención del hombre, 40
 - 1.3.12. Defectos provocados por la intervención de animales, 42
 - 1.3.13. Defectos provocados por la intervención de vegetales, 42
 - 1.3.14. Defectos por contenido celular anómalo, 43
 - 1.3.14.1. Depósitos, 43
 - 1.3.14.2. Bolsas de resina, 43
 - 1.3.15. Otros defectos, 43

- 1.3.15.1. Fracturas de apeo, 43
- 1.3.15.2. Cuadratura, 44
- 1.3.15.3. Corazón estrellado, 44
- 1.3.16. Nudos, 44

CAPITULO 2. Estructura microscópica de la madera de coníferas

- 2.1. Introducción, 49
- 2.2. Distribución geográfica, 50
- 2.3. Anatomía de las maderas de coníferas, 53
 - 2.3.1. Elementos longitudinales, 54
 - 2.3.1.1. Prosenquimatosos, 54
 - 2.3.1.2. Parenquimatosos, 60
 - 2.3.2. Elementos transversales, 63
 - 2.3.2.1. Prosenquimatosos, 63
 - 2.3.2.2. Parenquimatosos, 64

CAPITULO 3. Estructura microscópica de la madera de frondosas

- 3.1. Introducción, 73
- 3.2. Anatomía de la madera de frondosas, 73
 - 3.2.1. Elementos longitudinales, 73
 - 3.2.1.1. Prosenquimatosos, 73
 - 3.2.1.2. Parenquimatosos, 86
 - 3.2.2. Elementos transversales, 90
 - 3.2.2.1. Parenquimatosos, 90
- 3.3. Otras estructuras anatómicas de la madera de frondosas, 95
 - 3.3.1. Células de aceite y/o mucílagos, 95
 - 3.3.2. Canales intercelulares, 96
 - 3.3.3. Tubos laticíferos y taníferos, 97
 - 3.3.4. Floema incluido, 97
 - 3.3.5. Inclusiones minerales. Cristales, 98
 - 3.3.5.1. Cristales, 98
 - 3.3.5.2. Sílice, 100

CAPITULO 4. Identificación de maderas

- 4.1. Reseña histórica, 103
- 4.2. Aportaciones más importantes en el campo de la identificación de maderas, 107
 - 4.2.1. Joaquín María de Castellarnau y Lleopart (1848-1943), 107
 - 4.2.2. E.W.J. Phillipps, 117
 - 4.2.3. Pal Greguss, 120
 - 4.2.4. Centre Technique Forestier Tropical, 121
 - 4.2.5. IAWA, 121
- 4.3. Identificación de maderas, 122
 - 4.3.1. Identificación en el monte, 122
 - 4.3.2. Identificación en parques de maderas, 123

- 4.3.3. Identificación en laboratorio, 123
- 4.3.3.1. Análisis macroscópico, 123
- 4.3.3.2. Análisis microscópico, 124
- a. Microscopía óptica de luz incidente, 124
- b. Microscopía óptica de luz transmitida, 125
- b.1. Preparación microscópica para la observación por luz transmitida, 125
- b.2. Individualización de los elementos del xilema, Maceración, 132
- b.3. Realización de medidas en las observaciones macro y microscópicas, 133
- c. Microscopio electrónico, 134
- c.1. Microscopio electrónico de transmisión, 134
- c.2. Microscopio electrónico de barrido, 135
- 4.4. Tablas biométricas, 137
- 4.4.1. Tabla biométrica para maderas de coníferas, 138
- 4.4.2. Tabla biométrica para madera de frondosas, 139
- 4.5. Claves de identificación, 141
- 4.5.1. Clave microscópica de las maderas de coníferas, 141
- 4.5.2. Clave microscópica de las maderas de frondosas, 163
- 4.6. Evolución de los elementos anatómicos de la madera, 180
- 4.7. Glosario, 184
- CAPITULO 5. Descripción de especies**
- Abies alba* Mill., 207
- Abies pinsapo* Boiss., 207
- Acacia melanoxylon* R. Br., 257
- Acer campestre* Linn., 223
- Acer monspesulanum* Linn., 224
- Acer opalus* Mill., 225
- Acer platanoides* Linn., 225
- Acer pseudoplatanus* Falk., 226
- Aceraceae, 223
- Aesculus hippocastanum*, 297
- Ailanthus altissima* Swingle, 297
- Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, 230
- Amelanchier ovalis* Medic., 277
- Anacardiaceae, 226
- Apocynaceae, 229
- Aquifoliaceae, 229
- Arbutus unedo* Linn., 251
- Betula pendula* L. Hämet-Ahti, 231
- Betula pubescens* Ehrh., 232
- Betulaceae, 230
- Buxaceae, 232
- Buxus sempervirens* L., 232
- Caprifoliaceae, 234
- Carpinus betulus* Linn., 239
- Castanea sativa* Mill., 239
- Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière, 208
- Cedrus brevifolia* (Hook. f.) A. Henry in Elwes & Henry, 208
- Cedrus deodara* (Roxb.) G. Don in Loudon, 209
- Cedrus libani* A. Rich. in Bory, 210
- Celtis australis* A. Rich, 303
- Ceratonia siliqua* Linn., 258
- Cercis siliquastrum* Linn., 258
- Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray bis) Parl., 197
- Cornaceae, 238
- Cornus sanguinea* Linn., 238
- Corylus avellana* Linn., 241
- Cotoneaster racemiflora* C. Koch, 279
- Crataegus monogyna* Jacq., 279
- Cupressaceae, 197
- Cupressus arizonica* Greene, 198
- Cupressus macrocarpa* Hartw. ex Gordon, 198
- Cupressus sempervirens* L., 198
- Cupuliferae, 239
- Cydonia oblonga* Mill., 280
- Erica arborea* Brot., 251
- Ericaceae, 251
- Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, 266
- Eucalyptus globulus* Labill., 267
- Fagaceae, 252
- Fagus sylvatica* Linn., 242
- Ficus carica* Linn, 264
- Fraxinus angustifolia* Reut. Ex Nym., 268
- Fraxinus excelsior* Boiss., 268
- Fraxinus ornus* Linn., 269
- Gleditschia triacanthos* Linn., 259
- Hamamelidaceae, 253
- Ilex aquifolium* Linn., 229
- Juglandaceae, 255
- Juglans cinerea* Linn., 255
- Juglans nigra* Linn., 255
- Juglans regia* Linn., 256
- Juniperus cedrus* Webb & Berthel., 199
- Juniperus communis* L., 200
- Juniperus oxycedrus* L. subsp. *macrocarpa* (Sibth. & Sm.) Neilr., 202
- Juniperus oxycedrus* L., 201
- Juniperus phoenicia* L., 202
- Juniperus sabina* L., 203
- Juniperus thurifera* L., 204
- Larix decidua* Mill., 210
- Lauraceae, 257
- Laurus nobilis* Linn., 257
- Leguminosae, 257
- Ligustrum vulgare* Linn., 269
- Liquidambar styraciflua* Linn., 253
- Liriodendron tulipifera* Linn., 263
- Lonicera xylosteum* Linn., 234

Lythraceae, 262
 Magnoliaceae, 263
 Malus sylvestris Mill., 281
 Melia azedarach Blanco, 264
 Meliaceae, 264
 Mespilus germanica Linn., 282
 Moraceae, 264
 Morus alba Bur., 303
 Morus nigra Linn., 305
 Myrtaceae, 266
 Nerium oleander Linn., 229
 Olea europaea Linn., 271
 Oleaceae, 268
 Phillyrea latifolia Linn., 272
 Picea abies (L.) H. Karst., 211
 Pinaceae, 207
 Pinus canariensis C. Sm. in Buch, 212
 Pinus halepensis Mill., 213
 Pinus mugo Turra, 214
 Pinus nigra J. F. Arnold, 215
 Pinus pinaster Aiton, 216
 Pinus pinea L., 217
 Pinus radiata D. Don, 218
 Pinus sylvestris L., 219
 Pistacia lentiscus Linn., 226
 Pistacia terebinthus Bieb., 228
 Platanaceae, 272
 Platanus hybridus Brot., 272
 Platanus occidentalis Hook. & Arn., 273
 Platanus orientalis Linn., 274
 Populus alba Linn., 291
 Populus nigra Linn., 291
 Populus tremula Linn., 292
 Prunus avium Linn., 282
 Prunus dulcis Mill. ex Reichb., 283
 Prunus lusitana Gueldenst. Ex Ledeb., 284
 Prunus mahaleb Linn., 284
 Prunus spinosa Linn., 286
 Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco, 220
 Punica granatum Linn., 262
 Pyrus communis Dur., 286
 Quercus canariensis Willd., 243
 Quercus cerris Blanco, 243
 Quercus coccifera, 245
 Quercus faginea Lam., 246
 Quercus ilex Linn., 246
 Quercus petraea (Mattuschka) Lieb., 252
 Quercus pubescens Brot., 247
 Quercus pyrenaica Stev., 248
 Quercus robur Asso, 248
 Quercus suber Linn., 250
 Rhamnaceae, 274
 Rhamnus alaternus Linn., 274
 Rhamnus cathartica Linn., 275

Rhamnus frangula Linn., 277
 Robinia pseudoacacia Linn., 261
 Rosaceae, 277
 Salicaceae, 291
 Salix alba Kern., 292
 Salix atrocinerea Brot., 294
 Salix babylonica Linn., 294
 Salix caprea Boiss. & Buhse, 296
 Salix fragilis Forsk., 296
 Sambucus nigra Linn., 234
 Sambucus racemosa Linn., 235
 Sapindaceae, 297
 Sequoia sempervirens (D. Don) Endl., 221
 Sequoiadendron giganteum (Lindl.) J. Buchholz, 222
 Simaroubaceae, 297
 Sophora japonica Linn., 262
 Sorbus aria Crantz, 287
 Sorbus aucuparia Linn., 289
 Sorbus domestica Linn., 289
 Sorbus torminalis Crantz, 290
 Tamaricaceae, 298
 Tamarix africana Bory & Chaub., 298
 Tamarix gallica Linn., 298
 Taxaceae, 221
 Taxodiaceae, 221
 Taxus baccata L., 221
 Tetraclinis articulata (Vahl) Mast., 205
 Thuja occidentalis L., 205
 Thuja plicata Donn ex D. Don in Lambert, 206
 Tilia cordata Mill., 300
 Tilia platyphyllos Bieb., 301
 Tiliaceae, 300
 Ulmaceae, 301
 Ulmus glabra Huds., 301
 Ulmus minor Miller, 302
 Urticaceae, 303
 Verbenaceae, 306
 Viburnum lantana Linn., 235
 Viburnum opulus Linn., 237
 Viburnum tinus Linn., 237
 Vitex agnus-castus Kurz, 306

CAPITULO 6. Pared celular

- 6.1. Introducción, 309
- 6.2. Ontogenia de la pared celular. Formación celular a partir de una célula cambial, 309
- 6.3. Unidades básicas y microfibrillas. Ultraestructura de la pared celular. Teoría micelar, 311
- 6.4. Constitución de la pared celular. Estructura en capas, 314
- 6.5. Composición química de la pared celular, 316
 - 6.5.1. Celulosa, 316
 - 6.5.2. Hemicelulosas, 317

- 6.5.3. Sustancias pépticas, 318
- 6.5.4. Lignina, 318
- 6.5.5. Otros componentes de la pared celular, 319
 - 6.5.5.1. Extractos, 319
 - 6.5.5.2. Cenizas, 320
- 6.6. pH de la madera, 320

Bibliografía, 321

1.1. La madera

Se llama madera al conjunto de tejidos del xilema que forman el tronco, las raíces y las ramas de los vegetales leñosos, excluida la corteza. Desde el punto de vista comercial, únicamente se aprovecha la madera de los árboles, es decir, vegetales leñosos de ciertas dimensiones.

Se entiende por vegetales leñosos aquellos que presentan las siguientes características:

- Son plantas vasculares, es decir, tienen tejidos conductores especializados en **xilema** y **floema**. El xilema está lignificado y constituye la madera del vegetal maduro.

- Son plantas perennes, es decir, deben vivir durante un cierto número de años.

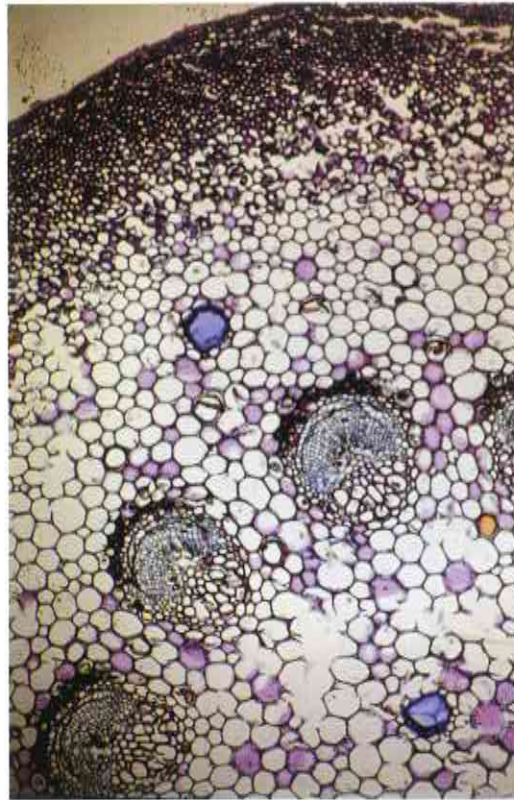
- Tienen un tallo principal que persiste de un año para otro. En el caso de los árboles se llama tronco.

Además de las características anteriores, las plantas típicamente leñosas tienen crecimiento secundario. Es decir, tienen un crecimiento en diámetro independiente del crecimiento longitudinal.

Los vegetales leñosos comercialmente maderables, se encuentran entre las Gimnospermas y Angiospermas de las Espermafitas.

Desde este punto de vista y dentro de los órdenes pertenecientes a las Gimnospermas, sólo tienen interés para nosotros las especies incluidas en las **Coniferales** y en las **Taxales**. Por la misma razón, y dentro del grupo de las Angiospermas, solamente las Dicotiledóneas producen madera, ya que las Monocotiledóneas carecen de crecimiento secundario.

Por otro lado, la madera no es un material homogéneo, sino que está formada por un conjunto de células espe-



Sección transversal de *Cyca* spp.

cializadas en tejidos que llevan a cabo las tres funciones fundamentales del vegetal: la conducción de la savia, la transformación y almacenamiento de los productos vitales y el sostén del vegetal.

Esta heterogeneidad de la madera se refleja, como veremos, en sus propiedades y es causa de alguno de sus defectos y también de sus ventajas.

Igualmente se refleja esta heterogeneidad en su estructura macroscópica o estructura visible a simple vista o con lupa de 10 aumentos, y con mayor razón en la microscópica, es decir, la visible hasta unos 2.000 aumentos.

Finalmente, se entiende por estructura submicroscópica la estructura que no se hace visible con los métodos microscópicos corrientes, debiéndose recurrir a la microscopía electrónica.



Cambium en
Sambucus nigra

1.2. Estructura macroscópica

Para estudiar la estructura macroscópica y microscópica de la madera, dada su heterogeneidad, se establecen tres planos o secciones (fig.1.1):

- **Transversal:** perpendicular al eje de la rama o tronco.
- **Radial:** pasa por el eje y un radio de la rama o tronco.
- **Tangencial:** paralela a un plano tangente al tronco, o al anillo de crecimiento.

Al examinar las tres secciones en un tronco de madera, a simple vista, se pueden observar las siguientes estructuras de características fácilmente diferenciables:

- La corteza externa o corteza propiamente dicha.
- La corteza interna o líber.
- El cambium o capa delgada de cé-

lulas vivas generadora del crecimiento en espesor del árbol (xilema y floema).

- El leño o tejido leñoso propiamente dicho, que forma la mayor parte del tronco y que presenta diferencias, fácilmente apreciables en las coníferas y en algunas frondosas. Entre estas están las debidas a los anillos de crecimiento, anuales en las plantas de la zona boreal y estacionales en las plantas de la zona tropical con estaciones climáticas marcadas.

En la sección transversal, dentro de cada anillo de crecimiento se distingue, más o menos fácilmente, la madera formada en primavera (llamada **madera de primavera**, en los anillos anuales, y de **primer crecimiento**, en el caso de anillos estacionales), de la formada en verano (**madera de verano**, en los anillos anuales, y **tardía**, en los estacionales).

En las coníferas, la diferencia está marcada principalmente por el color. En las frondosas, se debe más a la agrupación o distribución de los vasos o parénquima terminal en el anillo, existiendo siempre una cierta diferencia de color, más o menos marcada, entre la madera de primavera y la de verano, observable a simple vista o con una lente de x10.

En los anillos de crecimiento estacionales, las diferencias de porosidad debidas a la distribución de vasos, parénquima o grosor de las paredes de las fibras, corresponden a las estaciones secas o lluviosas de la zona. En aquellas en que las estaciones no están marcadas, hecho que sucede en muchas zonas del bosque tropical, la diferenciación de los anillos de crecimiento es difícil de llevar a cabo.

En la sección radial, pueden observarse, tanto los anillos de crecimiento como los radios leñosos cuando exista diferencia de color entre los tejidos. Los radios leñosos unas veces son más oscu-

ros, como los del **roble** y **haya**, y otras veces más claros. Cuando son muy delgados o de color prácticamente igual al resto de los tejidos, no son visibles. Como ejemplo de maderas españolas en que son fácilmente visibles tenemos el **roble**, el **haya** y la **encina**.

Por el contrario, son invisibles en las coníferas y en ciertas frondosas, como por ejemplo el **abedul**, **chopo**, etc., debido a lo delgados que son y lo poco diferenciado de su color.

En la sección tangencial pueden observarse los radios leñosos cuando son gruesos o de color diferente, así como las estrías que producen los vasos cuando son de gran diámetro. El parénquima leñoso es también una estructura que aparece fácilmente visible en algunas especies en sus secciones tangenciales, como por ejemplo en el **olmo**, y en muchas especies tropicales.

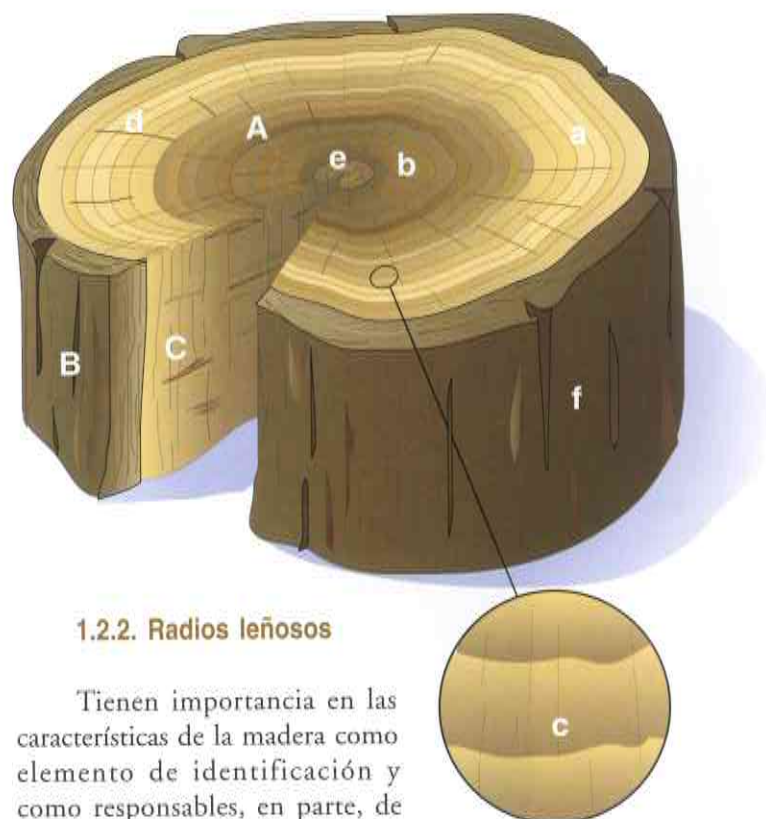
Igualmente, en la sección tangencial y en el caso en que los elementos estén distribuidos en pisos, se observa una figura especial llamada **carda**.

Finalmente, y discurriendo por el eje del árbol y en su centro, se encuentra la **médula**.

En muchos árboles y especialmente cuando son de edad avanzada, la parte interna del tronco, **duramen**, se distingue con facilidad de la zona que le rodea, más clara, llamada **albura**.

1.2.1. Médula

La médula puede ser de sección circular, poligonal o estrellada. Tiene poca importancia, generalmente es de pequeña dimensión y se desecha en los procesos de elaboración de la madera, debido a que sus características físicas y mecánicas son en general deficientes.



1.2.2. Radios leñosos

Tienen importancia en las características de la madera como elemento de identificación y como responsables, en parte, de sus propiedades de contracción.

Por otra parte, la discontinuidad de tejido que representan se hace más señalada en la hienda y raja de las frondosas, por ser estas las que los tienen más desarrollados. Así, la resistencia a la raja en el sentido radial es inferior que en el tangencial, y esta diferencia es tanto más marcada cuanto más abundantes y desarrollados sean los radios leñosos. Por el contrario, en compresión, los radios leñosos tienen un efecto positivo, aumentando la resistencia a la compresión radial de las frondosas con radios leñosos gruesos, como por ejemplo **robles** y **encinas**. Cuando existe una diferencia de color marcada entre los radios y el resto de tejido xilemático, en ocasiones ofrecen vistosos dibujos, tanto en especies de las zonas templadas como en maderas tropicales.

Figura 1.1.
Estructura macroscópica de la madera
A, Sección transversal
B, Sección tangencial
C, Sección radial
a, Albura
b, Duramen
c, Anillos de crecimiento
d, Radios leñosos
e, Médula
f, Corteza



Médula estrellada de *Quercus pubescens*

1.2.3. Anillos anuales o estacionales

Los anillos anuales o estacionales se distinguen, en general, fácilmente a simple vista. Sirven para apreciar la clase y calidad de la madera dentro de la especie.

El estudio del anillo estacional en relación con las propiedades de la madera hay que considerarlo desde el punto de vista de los dos grupos de maderas que se establecen. Por un lado las maderas de coníferas, a las que no se vincula ninguna tipología estacional en el anillo debido a su ausencia de vasos, y por otro, las maderas de frondosas, en las que se establecen, atendiendo a la distribución de los vasos, los tipos poroso, difuso y semiporoso.

En todo anillo, se presentan dos clases de madera: madera producida en la estación seca (**madera de verano** en las especies boreales y australes) y madera producida en la estación lluviosa (**madera de primavera** en las especies boreales y australes). La relación entre la madera de verano y la total del anillo se llama **textura**. Este término es usado en la literatura forestal española y francesa, siendo frecuentemente confundido con **grano**.

Finalmente, la definición de grano obedece tecnológicamente a la respuesta que ofrece la madera a trabajos finos de tornería, talla, etc. Anatómicamente, responde a la relación relativa entre los diámetros de los distintos elementos longitudinales de la madera. Cuando éstos son muy grandes y fácilmente apreciables a simple vista, se dice que la madera es de **grano basto** o **grueso**, por ejemplo el **chopo**, y cuando son muy pequeños, por ejemplo el **boj** o los **ébanos**, se dice que es de **grano fino**.

1.2.4. Duramen y albura

La albura, madera encargada del transporte de la savia bruta, ocupa el lugar más externo del tronco. De color generalmente más claro que la madera de duramen, tiene sus elementos conductores libres de obturaciones por depósitos o thyllosis. A medida que se crean nuevas capas de albura, las próximas al duramen van perdiendo sistemáticamente su función conductora, manteniéndose un equilibrio estable entre la necesidad de conducción xilemática del árbol y la superficie foliar. En ocasiones, una fuerte helada inhibe los procesos metabólicos de la albura necesarios para pasar a duramen, impidiendo que este

último se forme. Esta circunstancia supone que dentro del duramen podemos encontrar una zona anular sin colorear que recibe el nombre **doble albura**.

La formación del duramen se caracteriza por modificaciones anatómicas y químicas. Así, en las frondosas aparecen los **thyllos**, expansiones vesiculares procedentes de las células de parénquima, que penetran en los vasos próximos obturándolos en mayor o menor grado. En las maderas de vasos agrupados, estas células de relleno son muy abundantes y en las de vasos dispersos muy escasas o carecen de ellos. En las coníferas las punteaduras areoladas se cierran y son absorbidos los toros hacia la abertura de la punteadura, quedando pegados a ellas por ciertas secreciones. Por el contrario, en la madera de albura permanecen en medio de la cámara de la punteadura permitiendo el paso de fluidos.

Además de estas modificaciones anatómicas, en la formación del duramen, se producen algunos procesos químicos.

En las coníferas el duramen coloreado contiene mucha más resina y aceite que penetran por los intersticios de la pared celular. Esta impregnación reduce con su presencia la hinchazón y la merma, así como la penetración de líquidos. Además, contiene sustancias solubles como hidratos de carbono, polisacáridos, alcaloides y taninos, que al oxidarse le dan su característico color oscuro.

En las frondosas, los fenómenos químicos que acompañan la formación de duramen, son parecidos a los de las coníferas y en general más complejos; contienen igualmente sustancias solubles en agua, como taninos y materias colorantes, encontrándose con frecuencia sustancias minerales, como carbonato, oxalato cálcico y ácido silícico.



Albura y duramen de Juniperus thuriphora

La duraminización protege a la madera contra los ataques de los hongos, por el taponamiento de las punteaduras y la impregnación de los tejidos con sustancias que tienen un cierto valor antiséptico. Esto que son ventajas para el empleo natural de la madera, constituye sin embargo un inconveniente para su impregnación artificial o su tratamiento con productos químicos. En resumen, la madera de duramen no sólo es más oscura en ocasiones, sino que también es más densa y resistente a los ataques de insectos, mientras que la zona exterior del tronco, es decir la albura, es más clara, más porosa, blanda y en ocasiones menos valiosa. Sin embargo, desde el punto de vista de los tratamientos físicos, la albura es más fácil de tratar y de trabajar en la mayor parte de los procesos de elaboración y desintegración mecánica. Por ello, y siendo la duraminización un proceso que se produce con los años, se prefieren en la industria desintegradora maderas jóvenes.

1.2.5. Madera juvenil

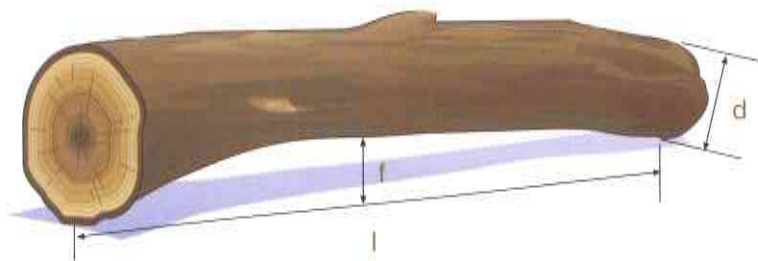
Se denomina así a la madera que el árbol genera durante los primeros años de vida. Algunos autores afirman que puede afectar desde los 5 a los 20 primeros anillos en maderas de coníferas, pudiendo alcanzar en las frondosas hasta los 40 o 50 años. Este rango está íntimamente vinculado con factores genéticos.

Esta madera se caracteriza por ser más ligera, tener elementos longitudinales más cortos, menor contenido celular, paredes más delgadas, mayor desviación de la fibra y mayor madera de reacción. Además es más nerviosa y tiene características mecánicas inferiores.

Su estructura se explicaría por la proximidad de los meristemos primarios, donde la producción de hormonas (auxinas) sólo podría afectar al funcionamiento del meristemo cambial situado a su lado. La realización de diversas experiencias con la aportación de auxinas, el corte de hojas, etc., han puesto de manifiesto que la mecánica de la formación de la madera juvenil obedece a este fenómeno inhibitorio.

En cualquier caso, las diferencias de madera juvenil respecto a madera normal son menos acentuadas en las maderas de frondosas, en cuanto a longitud de fibras, ángulo de las microfibrillas y contracción longitudinal.

Figura 1.2.
Curvatura del tronco



1.3. Defectos y alteraciones del árbol y de la madera

Se entiende por defecto o alteración del árbol cualquier modificación de su forma típica recta y cónica. En función de su naturaleza o procedencia distinguimos: defectos morfológicos del tronco, defectos provocados por aportación cambial irregular, defectos provocados por la disposición de las fibras, defectos causados por la estación, defectos debidos a agentes meteorológicos accidentales, heridas, madera de reacción (compresión y tracción), entrecasco, acebolladura, fendas radiales debidas a desequilibrios hídricos en el fuste, defectos provocados por la intervención del hombre, defectos provocados por la intervención de animales, defectos provocados por la intervención de vegetales, defectos por contenido celular anómalo, fracturas de apeo, cuadratura, corazón estrellado y nudos.

1.3.1. Defectos morfológicos del tronco

1.3.1.1. Curvatura del tronco

La incidencia del geotropismo negativo de los árboles hace que estos crezcan generalmente con fustes rectos de escasa curvatura. Sin embargo, la presencia de variables como espesura, viento dominante, nieve, pendiente, etc., obliga en muchos casos al árbol a desarrollar curvatura simple o doble. Esta circunstancia supone un defecto importante para trozas destinadas a procesos industriales como aserrado o desenrollo.

Los fustes curvos han sido utilizados, y todavía ocasionalmente lo son, para construcción naval. Desde hace

quinientos años, cuando la construcción naval a gran escala alcanzó su auge, las técnicas selvícolas se desarrollaron con la sanción de la práctica para obtener fustes curvos destinados principalmente a cuadernas.

La curvatura simple se expresa por el cociente de la flecha f dividida por la longitud de la troza l , expresada en tanto por ciento, o por el cociente entre la flecha y el diámetro menor d , también expresado en tanto por ciento (fig.1.2). Para la sierra es mejor el segundo método, que da la desviación en el despiece recto. Por el contrario, para el desenrollo es mejor el primero pues da la desviación de un sólido de revolución.

$$\text{Curvatura} = \frac{f}{l} 100$$

$$\text{Curvatura} = \frac{f}{d} 100$$

La doble curvatura se mide por la suma de las flechas dividida por el diámetro menor, expresado en tanto por ciento (fig.1.3).

$$\text{Doble curvatura} = \frac{f_1 + f_2}{d} 100$$

1.3.1.2. Conicidad

La conicidad se define como la diferencia entre el diámetro máximo D y el mínimo d de las testas, referida en tanto por ciento a la longitud de la pieza l (fig.1.4). Aunque el crecimiento normal de un árbol desarrolla conos concéntri-

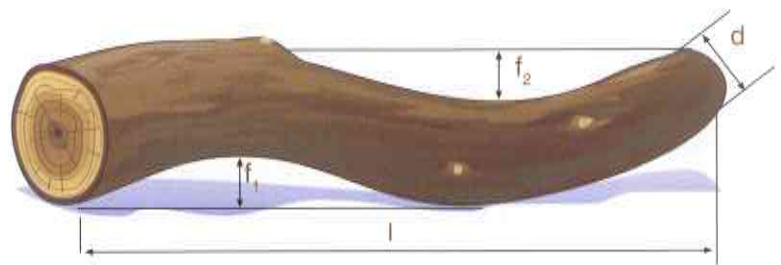


Figura 1.3.
Doble curvatura del tronco

cos de forma natural, la conicidad es considerada como un defecto cuando supera determinados valores, ya que incide directamente en procesos como desenrollo, chapa a la plana y aserrado.

$$\text{Conicidad} = \frac{D - d}{l} 100$$

Valores de la conicidad por encima de 2 o 3 son considerados fustes con defectos. Aunque los factores genéticos están directamente relacionados con este factor, otros como la espesura aportan forma al fuste. Tal es así, que los árboles que viven en espesura tienen fustes más cilíndricos que aquellos árboles que viven aislados. La poda natural ligada a la espesura favorece un factor de conicidad bajo.

Figura 1.4.
Conicidad del tronco

