

CLAVE DE IDENTIFICACIÓN DE MADERAS DE CONÍFERAS A NIVEL DE ESPECIE. REGIÓN EUROPEA Y NORTEAMERICANA

**L. GARCÍA ESTEBAN, A. GUINDEO CASASÚS,
P. DE PALACIOS DE PALACIOS**

Cátedra de Tecnología de la Madera. E.T.S. Ingenieros de Montes
Camino de las Moreras, s/n. 28040 Madrid. España
Igesteban@montes.upm.es

RESUMEN

Este trabajo representa el primer paso para la obtención de una clave de identificación de múltiple entrada para maderas de coníferas de todo el mundo a nivel de especie.

Se ha realizado la identificación de 120 coníferas de América del Norte y Europa. Los métodos utilizados son los tradicionales de preparación y descripción microscópica de maderas. Los 93 caracteres utilizados se incluyen en seis grupos: 29 caracteres de traqueidas, ocho caracteres del parénquima longitudinal, 37 caracteres de radios leñosos, siete caracteres de canales resiníferos, dos caracteres macroscópicos y 10 caracteres relacionados con su distribución geográfica.

Se ha obtenido una clave abierta para la identificación de las especies. Este trabajo, que constituye una de las líneas de trabajo de la Cátedra de Tecnología de la Madera de la ETSI Montes de Madrid, puede ser utilizada por investigadores y usuarios dedicados al comercio internacional de maderas de especies protegidas.

PALABRAS CLAVE: Anatomía
Madera
Conífera
Especie
Identificación
Xilema

Recibido: 23-6-99
Aceptado para su publicación: 12-8-99

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos 150 años se han realizado notables esfuerzos por el conocimiento y la identificación de las maderas de coníferas a nivel de especie. La homogeneidad de la estructura xilemática de estas maderas dificulta notablemente su estudio; no obstante, en este párrafo merecen especial atención los trabajos realizados por Joaquín M.^a de Castellarnau (1880), E.W.J. Philipps (1948) y Pal Greguss (1955).

El 3 de noviembre de 1880, Castellarnau presenta su primer estudio sobre esta disciplina titulado *Estudio micrográfico del tallo del Pinsapo (Abies pinsapo, Boiss.)*. En él, además de realizar un estudio microscópico de la madera de esta especie en sus distintos estados inmaduro, intermedio y adulto, establece una clave para la identificación de cuatro géneros de coníferas europeas (*Pinus*, *Taxus*, *Juniperus* y *Abies*) y hace una incursión a nivel de especie entre el *Abies pinsapo* y el *Abies pectinata*.

El 8 de noviembre de 1882, Castellarnau presenta a la Sociedad Española de Historia Natural el Estudio Micrográfico de la Madera de Coníferas Españolas y especialmente del género *Pinus*, que será publicado en los Anales de la Sociedad el 30 de abril de 1883. En él analiza catorce especies y cinco variedades españolas pertenecientes a los géneros *Abies*, *Pinus*, *Juniperus* y *Taxus* (*Abies pectinata*, *Abies pinsapo*, *Pinus sylvestris*, *Pinus montana*, *Pinus laricio*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus pinea*, *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus oxycedrus* var. *rufescens*, *Juniperus oxycedrus* var. *umbilicata*, *Juniperus oxycedrus* var. *lobelii*, *Juniperus communis*, *Juniperus communis* var. *nana*, *Juniperus thurifera*, *Juniperus sabina*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus phoenicea* var. *oophora* y *Taxus baccata*), dos pinos americanos (*Pinus strobus* y *Pinus australis*) y los géneros *Larix* y *Picea*. Estas últimas inclusiones fueron, en consecuencia, las primeras, por su gran uso en Estados Unidos y las últimas de razones fitogeográficas, quedando de esta forma ampliado el trabajo a la totalidad de los géneros de coníferas europeas.

Pasaron muchos años hasta que Phillips (1948) elaborase una clave de fichas perforadas en base a 36 caracteres divididos en seis grupos. Si bien representó un cambio radical de las claves dicotómicas utilizadas hasta entonces a una base abierta, la simplicidad de los caracteres elegidos difícilmente podía hacer llegar al usuario a la identificación de coníferas a nivel de especies. Carece de todo tipo de medidas y sólo utiliza el conteo para el número de células epiteliales de los canales resiníferos y el número de punteaduras por campo de cruce. El último grupo con tres caracteres lo reserva para la densidad y la dureza de la madera. Fue publicada en 1948 bajo el título *Identification of Softwoods by their microscopic structure*, en el boletín n.º 22 del Forest Products Research Laboratory, Princes Risborough.

Siete años después de la publicación de Phillips, el profesor de botánica de la Universidad de Szeged, Pal Greguss, publica su obra *Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy*. Es la obra más completa a nivel de especies que se haya realizado hasta nuestros días, aportando gran número de mediciones. Además de facilitar una clave a nivel de familias y otra a nivel de géneros, realizó una tercera a nivel de especies. Sin embargo, incomprensiblemente, abandonó la estructura de entradas múltiples iniciada por Phillips, particularizando claves sin mantener una estructura homogénea de conteo y medición en familias diferentes.

Una de las particularidades más representativas es la consideración de cuatro punteaduras de los campos de cruce distintas a las que se habían manejado hasta entonces: araucarioide, podocarpoide, dacyrdioide y glyptostroboide, consideradas hoy como modifica-

ciones muy próximas a la cupresoide y a la taxodioide. También resulta interesante la descripción filogenética sobre la evolución de los radios leñosos, y la filogenética histórica de las familias de coníferas. En este su primer trabajo sobre coníferas describe 345 especies y cinco clamidospermas.

Su segundo estudio sobre coníferas lo realizó en 1972. Desde la publicación de su primera monografía en 1955, hasta 1972, recibió como él mismo reconoce, un total de 160 nuevas especies entre cycadales y coníferales que le permitieron profundizar aún más en el conocimiento de su madera, habiendo descrito entre sus dos trabajos cerca del 90 % de las especies de coníferas vivas.

Sin duda, Greguss aportó durante la década de los cincuenta el conocimiento de multitud de maderas, siguiendo una estructura descriptiva que le ha hecho merecedor de los más notables elogios.

Estudiadas las investigaciones y aportaciones científicas citadas y después de haber concluido en 1996 el estudio de las maderas de coníferas a nivel de géneros, nos planteamos la posibilidad de realizar una investigación más ambiciosa a nivel de especies de todas las maderas de coníferas actuales.

Aquel primer estudio nos permitió conocer el paralelismo anatómico entre las especies del hemisferio norte por un lado y las del hemisferio sur por el otro. Más ricas en parénquima las segundas y ausencia total de canales resiníferos, son las dos características más significativas para diferenciarlas de las primeras.

En este artículo se recogen los estudios realizados sobre la analítica anatómica del xilema de las especies de coníferas de la región norteamericana y europea, y el detalle de la clave de identificación propuesta para el tratamiento de la información obtenida.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los materiales utilizados en este estudio proceden de muestras de nuestra propia xiloteca y de colecciones de los siguientes centros: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Subdirección General de Investigación y Tecnología, Madrid. España; U.S. Forest Products Laboratory, Madison Wisconsin. USA; Wood Research Institute Kyoto University, Kyoto. Japón; National Museum of Natural History. Smithsonian Institution. Botany Department, Washington. USA; Landbouwwuniversiteit. Department of Forestry, Wagenigen. Holanda; Papua New Guinea Forest Research Institute, Papua Nueva Guinea; Universiteit Utrecht. Department of Plant Ecology and Evolutionary Biology, Utrecht. Holanda.

La realización de las preparaciones ha seguido los métodos tradicionales de reblandecimiento, corte, tinción y montaje.

Listado de especies estudiadas:

Europa: *Abies alba* Miller, *Abies cephalonica* Loud., *Abies nordmanniana* (Stev.) Spach, *Abies pinsapo* Boiss., *Cedrus brevifolia* (Hook. f.) Henry, *Cupressus sempervirens* L., *Juniperus communis* L., *Juniperus drupacea* Labill, *Juniperus excelsa* Bieberstein, *Ju-*

niperus macrocarpa Sibthorp et Smith, *Juniperus oxycedrus* L., *Juniperus phoenicea* L., *Juniperus sabina* L., *Juniperus thurifera* L., *Larix decidua* Miller, *Larix sibirica* Ledebour, *Picea abies* (L.) Karst., *Picea obovata* Ledeb., *Picea omorika* (Pancic) Purkyne, *Picea orientalis* (L.) Link, *Pinus brutia* Ten., *Pinus canariensis* C. Smith, *Pinus cembra* L., *Pinus halepensis* Mill., *Pinus leucodermis* Antoine, *Pinus montana* Mill., *Pinus nigra* Arn., *Pinus peuce* Grisebach, *Pinus pinaster* Ait., *Pinus pinea* L., *Pinus sylvestris* L., *Pinus uncinata* Mill., *Taxus baccata* L., *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.

América del Norte: *Abies amabilis* (Dougl.) Forbes, *Abies balsamea* (L.) Mill., *Abies concolor* (Gord.) Engelm., *Abies fraseri* (Pursh) Poir., *Abies grandis* Lindl., *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt., *Abies lowiana* A. Murray, *Abies magnifica* A. Murr., *Abies procera* Rehd., *Calocedrus decurrens* (Torr.) Florin, *Cupressus abramsiana* C. B. Wolf., *Cupressus arizonica* Greene, *Cupressus bakeri* Jeps., *Cupressus goveniana* Gord. ex Lindl., *Cupressus macnabiana* Murr., *Cupressus macrocarpa* Hartweg, *Cupressus pygmaea* (Lemm) Sargent, *Cupressus stephensonii* C. B. Wolf., *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray) Parl., *Chamaecyparis nootkatensis* (D. Don) Sudw, *Chamaecyparis thyoides* (L.) B.S.P., *Juniperus californica* Carr., *Juniperus communis* L., *Juniperus horizontalis* Moench, *Juniperus mexicana* Schlechtendal, *Juniperus monosperma* (Engelmann) Sarg., *Juniperus occidentalis* Hook., *Juniperus scopulorum* Sarg., *Juniperus silicicola* (Small) Bailey, *Juniperus virginiana* L., *Larix laricina* (Du Roi) K. Koch, *Larix lyallii* Parl., *Larix occidentalis* Nuttall, *Picea albertiana* Stewardson-Brown, *Picea breweriana* S. Watson, *Picea engelmannii* (Parry) Engelmann, *Picea glauca* (Moench) Voss, *Picea mariana* (Miller) Britton, Sterns et Poggenberg, *Picea pungens* Engelmann, *Picea rubens* Sarg., *Picea sitchensis* (Bongard) Carr., *Pinus albicaulis* Engelmann, *Pinus aristata* Engelmann, *Pinus attenuata* Lemm., *Pinus balfouriana* Grev. et Balf., *Pinus banksiana* Lambert, *Pinus cembroides* Zucc., *Pinus clausa* Vasey, *Pinus contorta* Dougl. ex Loud., *Pinus coulteri* D. Don, *Pinus echinata* Mill., *Pinus elliotii* Engelm., *Pinus flexilis* James, *Pinus glabra* Walter, *Pinus jeffreyi* Grev. et Baif., *Pinus lambertiana* Douglas, *Pinus monophylla* Torr. et Frem., *Pinus monticola* Dougl., *Pinus muricata* D. Don, *Pinus palustris* Mill., *Pinus ponderosa* Laws, *Pinus pungens* Lamb., *Pinus quadrifolia* Parl., *Pinus radiata* D. Don, *Pinus resinosa* Aiton, *Pinus rigida* Miller, *Pinus sabiniana* Douglas, *Pinus serotina* Michaux, *Pinus strobus* L., *Pinus taeda* L., *Pinus torreyana* Parry, *Pinus virginiana* Miller, *Pseudotsuga macrocarpa* (Vasey) Mayr, *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl., *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) Buchh., *Taxodium ascendens* Brongn., *Taxodium distichum* (L.) Rich., *Taxus brevifolia* Nuttall, *Taxus canadensis* Marshall, *Thuja occidentalis* L., *Thuja plicata* D. Don, *Torreya californica* Torrey, *Torreya taxifolia* Arnott, *Tsuga canadensis* (L.) Carr., *Tsuga heterophylla* (Rafinesque) Sargent., *Tsuga mertensiana* (Bongard) Carr.

RESULTADOS

Estudiadas las muestras señaladas, así como las claves de identificación manejadas, se propone la siguiente clave para la identificación de coníferas vivas a nivel de especie.

Traqueidas longitudinales**TR1.** *Anillos de crecimiento diferenciados.*

Las diferencias estructurales entre las células de la madera de primavera, que presentan paredes delgadas y lumen amplio, y las de verano, de paredes gruesas y lumen reducido, establecen la diferenciación entre los distintos anillos de crecimiento. Es un carácter habitual en **Araucariaceae**, **Cupressaceae** y **Podocarpaceae**.

TR2. *Anillos de crecimiento poco diferenciados.*

La similitud que existe entre las células de la madera de primavera y verano origina que sea muy difícil la diferenciación entre los distintos anillos de crecimiento.

TR3. *Traqueidas de sección circular.*

El corte transversal de las traqueidas longitudinales define una sección de forma circular.

TR4. *Traqueidas de sección poligonal.*

El corte transversal de las traqueidas longitudinales define una sección de forma poligonal.

TR5. *Traqueidas resinosas.*

Son traqueidas normales, pero con inclusiones de resina en su interior. Su vía metabólica se realiza a través de las punteaduras de los campos de cruce. En las preparaciones microscópicas aparecen con tonalidad rojiza o negra en el corte transversal. Este carácter se ha incluido en la clave a pesar de no tener valor analítico por su constante presencia en géneros como *Araucaria* y *Agathis*.

TR6. *Presencia de meatos.*

El meato se define como el espacio intercelular que queda entre tres o más traqueidas longitudinales. Es un carácter asociado a traqueidas de sección circular, aunque también se presenta en traqueidas de sección poligonal (*Juniperus*, *Tetraclinis*, etc.).

TR7. *Engrosamientos helicoidales presentes en todas las traqueidas longitudinales.*

Carácter analítico muy importante, ya que su origen es genético. Es un engrosamiento que se produce en la pared secundaria de las traqueidas, y se desarrolla en forma de helicoides. Todos los géneros de la familia **Taxaceae** (*Taxus*, *Torreya*, *Amentotaxus* y *Nothotaxus*), a excepción del género *Austrotaxus*, tienen engrosamientos helicoidales. Otros géneros, como *Pseudotsuga*, *Cephalotaxus*, *Acmopyle* y *Austrocedrus*, también los tienen.

TR8. *Engrosamientos helicoidales no presentes en todas las traqueidas longitudinales.*

Algunos géneros como *Larix* o *Pseudotsuga* no presentan estos engrosamientos en todas las traqueidas, limitándose a las traqueidas longitudinales de la madera de primavera.

TR9. *Punteaduras areoladas presentes en paredes tangenciales.*

Es un carácter analítico importante por carecer de él algunas especies. Su presencia indica un mayor grado de evolución de la especie.

TR10. *Punteaduras areoladas sobre paredes radiales uniseriadas.*

Las punteaduras se disponen sobre las paredes radiales de las traqueidas, tanto de la madera de primavera como de verano, en filas de una serie.

TR11. *Punteaduras areoladas sobre paredes radiales biseriadas.*

Las punteaduras se sitúan de dos en dos sobre las paredes radiales a lo largo de las traqueidas, preferentemente de la madera de primavera, pudiendo también presentarse simultáneamente en filas uniseriadas, tanto sobre las traqueidas de la madera de primavera como de verano. Esta característica no existe más que en traqueidas de lumen grande en

la madera inicial, y no se encuentra en la madera próxima a la médula; carácter útil para diferenciar la albura de **alerce** de la de **picea**.

TR12. *Punteaduras areoladas sobre paredes radiales tri o pluriseriadas.*

Sólo aparecen sobre la cara radial de las traqueidas longitudinales y se ubican preferentemente en las traqueidas de la madera de primavera, mientras que simultáneamente sobre la madera de verano las punteaduras se disponen en filas uniseriadas. Para algunos géneros este carácter tiene un valor analítico fundamental, ya que se presenta en ellos de forma permanente, como en el caso de los géneros *Araucaria*, *Agathis*, *Taxodium* o *Sequoia*, entre otros. Por el contrario, en otros géneros esta presencia no es permanente, sino ocasional. Este carácter sólo ha sido atribuido a aquellos géneros en los que su presencia no es ocasional.

TR13. *Punteaduras poligonales sobre paredes radiales.*

La proyección de la bóveda es un polígono generalmente hexagonal. Suele aparecer en formaciones pluriseriadas. Es un carácter analítico muy importante, ya que es exclusivo del género *Araucaria* y *Agathis*.

TR14. *Punteaduras de abertura lobulada ocluida.*

La proyección de la abertura de la bóveda aparece sobre la punteadura como un reborde oval o elíptico rasgado incluido en el diámetro mayor de la bóveda.

TR15. *Punteaduras de abertura lobulada distendida.*

Carácter analítico diferenciador presente en algunos géneros de coníferas. La proyección de la abertura de la bóveda aparece sobre la punteadura como un reborde oval o elíptico rasgado que sobrepasa el diámetro mayor de la bóveda.

TR16. *Punteaduras areoladas con bóveda estriada.*

Es un carácter poco frecuente que debe observarse sobre la cara radial de las traqueidas longitudinales.

TR17. *Toro estrellado.*

Carácter exclusivo del género *Cedrus*. Para su observación se requieren aumentos por encima de $\times 400$. Debe ser observado sobre la cara radial de las traqueidas longitudinales.

TR18. *Engrosamientos callitroides.*

Carácter analítico diferenciador del género *Callitris* respecto al resto de géneros de coníferas. Debe observarse sobre la pared radial de las traqueidas longitudinales. Es un engrosamiento de la pared secundaria asociado a las punteaduras areoladas, situándose sobre la cara exterior de la bóveda de la punteadura.

TR19. *Barras de Sanio.*

A diferencia del engrosamiento callitroide, las barras de Sanio o crásulas son engrosamientos de la pared primaria y laminilla, media que también están asociados a las punteaduras areoladas. Su observación debe realizarse sobre la pared radial de las traqueidas longitudinales. Su aspecto es el de unas barras que rodean las punteaduras. Se sitúan tanto sobre punteaduras uniseriadas como biseriadas, aunque son más numerosas en las últimas. Se considera carácter analítico diferenciador de los géneros que las contienen.

TR20. *Trabécula.*

Estructura con forma de barra cilíndrica que atraviesa el lumen de las traqueidas de una pared tangencial a otra. Cuando se presenta, generalmente aparece en series cada 20-25 traqueidas y siempre a la misma altura. Su origen no está completamente definido y no puede considerarse como un carácter con valor analítico, pero se incluye a título informativo.

TR21. *Cristales presentes en traqueidas longitudinales.*

Aunque es un carácter raro, se incluye por ser constante en algunas especies, según su procedencia.

TR22. *Número de traqueidas por mm² < 2000.*

Se considera el número de traqueidas que hay en un mm², midiendo en una zona que comprenda tanto madera de primavera como de verano.

TR23. *Número de traqueidas por mm² entre 2.000 y 4.000.*

TR24. *Número de traqueidas por mm² > 4.000.*

TR25. *Diámetro de las punteaduras areoladas en paredes tangenciales < 5μ.*

El diámetro al que se hace referencia es el diámetro exterior de la bóveda de las punteaduras areoladas situadas sobre las traqueidas longitudinales de la madera de primavera.

TR26. *Diámetro de las punteaduras areoladas en paredes tangenciales ≥ 5μ.*

TR27. *Diámetro de las punteaduras areoladas en paredes radiales < 10μ.*

TR28. *Diámetro de las punteaduras areoladas en paredes radiales de 10 a 15μ.*

TR29. *Diámetro de las punteaduras areoladas en paredes radiales > 15μ.*

Parénquima longitudinal

P1. *Parénquima longitudinal ausente o escaso.*

Este carácter debe reservarse para aquellas maderas que carecen de parénquima longitudinal o por el contrario su presencia es tan escasa que puede considerarse sin él.

P2. *Paredes transversales del parénquima longitudinal lisas.*

Este carácter puede observarse tanto en la sección tangencial como en la radial.

P3. *Paredes transversales del parénquima longitudinal noduladas.*

Es un carácter diferenciador, ya que los géneros que poseen estas nodulaciones las contienen de forma constante. Pueden observarse en las secciones tangencial o radial. En el caso de las **Taxodiaceae**, los nódulos son un buen carácter de diferenciación a nivel de género.

P4. *Parénquima longitudinal con cristales abundantes*

No debe considerarse como un carácter diferenciador, pero por su presencia reiterada en algunas especies ha sido incluido.

P5. *Parénquima longitudinal con resina*

Cuando el parénquima longitudinal contiene resina, en la preparación microscópica se tiñe de color rojizo, si se utiliza safranina. Puede observarse tanto en la sección tangencial como en el radial.

P6. *Parénquima en distribución dispersa.*

Las células de parénquima se distribuyen de forma dispersa sobre todo el anillo de crecimiento, tanto en la madera de verano como en la de primavera. Este tipo de parénquima puede presentarse a la vez junto al terminal o al metatraqueal sobre una misma madera.

P7. *Parénquima en distribución metatraqueal.*

El parénquima se agrupa en fajas o bandas, situándose tanto sobre la madera de primavera como sobre la de verano. La anchura de las bandas es variable, pero en general es superior en cuanto a número de células que en el terminal.

P8. *Parénquima longitudinal terminal.*

Este tipo de parénquima se distribuye sobre el límite del anillo de crecimiento al final de la madera de verano. Suele estar compuesto por células de parénquima alineadas de 1 a 3 filas de anchura.

Radios leñosos

RL1. *Radios leñosos uniseriados.*

Todas las maderas de coníferas tienen radios leñosos uniseriados de mayor o menor altura, pero ha sido incluido para diferenciar las maderas que contienen radios parcialmente biseriados.

RL2. *Radios leñosos parcialmente biseriados.*

Existen géneros de coníferas que de forma habitual presentan en sus radios uniseriados una pequeña parte biseriada. Para establecer si su presencia es ocasional o constante debe observarse la totalidad de la sección tangencial de la preparación. Cuando tiene carácter ocasional su número es muy escaso.

RL3. *Radios leñosos pluriseriados.*

Este carácter debe reservarse a aquellos géneros que contengan canales resiníferos fisiológicos transversales. Su aspecto es fusiforme en el corte tangencial y el número de células que suele bordear el canal transversal por cada lado en la parte más ancha se encuentra entre 1 y 3.

RL4. *Número de células en altura entre 1 y 15.*

Este carácter debe asignarse a aquellas maderas en las que la mayor parte de sus radios leñosos tengan entre 1 y 15 células de altura, aunque ocasionalmente alguno de ellos sobrepase el límite superior.

RL5. *Número de células de altura entre 16 y 30.*

Lo mismo que en el caso anterior, este carácter será asignado a aquellas maderas en las que la mayor parte de sus radios leñosos tengan entre 15 y 30 células de altura, aunque ocasionalmente una mínima cantidad de ellos se encuentren por debajo o por encima de estos límites.

RL6. *Número de células de altura más de 30.*

Debe asignarse a aquellas maderas que contengan gran número de radios leñosos muy altos, considerándose este umbral el número 30. Hacer notar que las maderas que tienen este tipo de radios también poseen radios con un pequeño número de células. No obstante, el número de radios leñosos largos es bastante superior a aquéllos.

RL7. *Número de radios por mm² en número menor de 70.*

Se contará sobre el corte tangencial el número de radios por mm², realizando para ello distintas medidas sobre dicha sección.

RL8. *Número de radios por mm² en número de 70 a 100.*

RL9. *Número de radios por mm² en número mayor de 100.*

RL10. *Traqueidas radiales sin engrosamientos helicoidales.*

RL11. *Traqueidas radiales con engrosamientos helicoidales.*

La existencia de este carácter tiene gran importancia analítica por estar presente solamente en el género *Pseudotsuga*, *Cathaya* y en algunas especies de los géneros *Larix* y *Picea*.

RL12. *Traqueidas radiales dentadas.*

Carácter analítico diferenciador de algunos géneros de coníferas. Deben ser observadas en la sección radial.

RL13. *Traqueidas radiales con dientes < 2,5μ de altura.*

RL14. *Traqueidas radiales con dientes hasta el centro del lumen.*

RL15. *Traqueidas radiales con dientes ocupando todo el lumen.*

A menudo los dientes presentes en las traqueidas radiales aparecen en formaciones continuas ocupando todo el lumen de la traqueida como consecuencia de engrosamientos entre ellos. Son característicos de algunas especies del género *Pinus*.

DESCRIPCIONES DE ESPECIES

Nota: Paréntesis significa ocasional

	<i>Abies alba</i> Miller	<i>Abies amabilis</i> (Dougl.) Forbes	<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.
TR	1, 4, 8, 9, 10, 23, 26, 28, 29	1, 4, 9, 10, 11, 19, 24, 26, 27, 28	1, 4, 9, 10, 11, 23, 26, 28, 29
P	1, 3, 6	1	1, 3, 6
RL	1, 4, (5), (6), 7, 17, 19, 20, 23, 25, 26, (27), 30, 37	1, 4, (5), (6), 9, 17, 19, 20, 23, 25, 26, (27), 29, 37	1, (2), 4, 7, 17, 19, 20, 23, 25, 26, (27), (28), 29, 30, 37
CR	1	1	1
OC	—	—	—
RF	1	6	6
	<i>Abies cephalonica</i> Loud.	<i>Abies concolor</i> (Gord.) Engelm.	<i>Abies fraseri</i> (Pursh) Poir.
TR	1, 4, 8, 9, 10, 11, 16, 19, 24, 26, 27, 28	1, 4, 9, 10, 24, 26, 28	1, 4, 9, 10, 24, 26, 28
P	1, 3, 6	1	1, 3, 6
RL	1, (2), 4, 9, 17, 19, 23, 26, (27), 29, 30, 37	1, 4, 7, 17, 19, 20, 23, 26, (27), 29, 30, 37	1, 4, 7, 8, 17, 19, 23, 26, (27), 29, 30, 37
CR	1	1	1
OC	—	—	—
RF	1	6, 7	6
	<i>Abies grandis</i> Lindl	<i>Abies lasiocarpa</i> (Hook.) Nutt.	<i>Abies lowiana</i> A. Murray
TR	1, 4, 9, 10, 23, 26, 28, 29	1, 4, 9, 10, 20, 23, 26, 28, 29	1, 4, 9, 10, 23, 26, 28
P	1, (2), 3, 6	1	1
RL	1, (2), 4, (5), (6), 7, 17, 19, 25, 26, (27), 29, 30, 37	1, 4, 5, (6), 7, (10), 17, 19, 23, (25), 26, 29, 30, 37	1, 4, 8, (10), 17, 19, 23, 26, (27), 29, 30, 37
CR	1	1	1
OC	—	—	—
RF	6	6	6
	<i>Abies magnifica</i> A. Murr.:	<i>Abies nordmanniana</i> (Stev.) Spach	<i>Abies pinsapo</i> Boiss.
TR	1, 4, 9, 10, 24, 26, 27, 28	1, 4, 9, 10, 21, 24, 26, 27, 28	1, 4, 9, 10, 24, 26, 27, 28
P	1, 3, 4, 6	1, 3, 6	1, 3, 4, 6
RL	1, 4, (5), 8, 17, 19, 23, 26, (27), 29, 37	1, 4, 9, 17, 19, 23, 26, (27), 29, 37	1, 4, 9, 17, 19, 23, 26, (27), (28), 29, 30, 37
CR	1	1	1
OC	—	—	—
RF	6	1	1
	<i>Abies procera</i> Rehd.	<i>Calocedrus decurrens</i> (Torr.) Florin	<i>Cedrus brevifolia</i> (Hook. f.) Henry
TR	1, 4, 9, 10, 20, 23, 26, 28, 29	1, 4, 9, 10, 24, 26, 27	1, 4, 9, 10, 17, 22, 26, 28, 29
P	1	2, 3, 5, 7, 8	1, 3, 6
RL	1, (2), 4, (5), (6), 7, 17, 19, 23, 26, (27), 29, 30, 37	1, (2), 4, 9, 17, 19, 24, 26, 27, (28), 29, 37	1, (2), 4, 7, 10, 17, 19, 23, 26, 27, 29, 30, 33, 37
CR	1	1	1
OC	—	1, 2	1, 2
RF	6	6, 7	1

	Cupressus abramsiana C. B. Wolf.	Cupressus arizonica Greene	Cupressus bakeri Jeps.
TR	1, 4, 9, 10, 24, 26, 28	2, 4, 9, 10, 14, 23, 26, 27, 28	1, 4, 8, 9, 10, 23, 26, 28
P	2, 5, 6, 8	(2), 3, 5, 6	3, 5, 6
RL	1, 4, 8, 16, 18, 24, 26, 27, 29, (37)	1, (2), 4, (5), (6), 9, (16), 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, (37)	1, (2), 4, (5), 7, 17, 18, 24, 26, (27), 30, 34, 37
CR	1	1	1
OC		1, 2	
RF	6	6, 7	6
	Cupressus goveniana Gord. ex Lindl.	Cupressus macnabiana Murr.	Cupressus macrocarpa Hartweg
TR	1, 4, 9, 10, 23, 26, 27, 28, 29	1, 4, 9, 10, 24, 26, 28	1, 2, 4, 9, 10, 14, 24, 26, 27, 28
P	(2), 3, 6, 7, 8	(2), 3, 5, 7	2, 3, 5, 7
RL	1, (2), 4, (5), 7, 8, (16), 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, 34, (37)	1, 4, (5), 8, (16), 17, 19, 24, 26, (27), 29, 37	1, (2), 4, 8, 9, (16), 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, (37)
CR	1	1	1
OC			1, 2
RF	6	6	6
	Cupressus pygmaea (Lemm) Sargent	Cupressus sempervirens L.	Cupressus stephensonii C. B. Wolf.
TR	1, (3), 4, 6, 9, 10, 23, 26, 27	1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 14, 24, 26, 27, 28	1, (3), 4, (6), 9, 10, 24, 26, 27
P	2, 3, 5, 6, 7, 8	2, 5, 7, 8	2, 5, 6, 7
RL	1, (2), 4, 7, 16, 19, 24, 26, (27), 29, 34, (37)	1, (2), 4, (5), (6), 8, 9, (16), 17, 19, 24, 26, 27, (28), 29, 30, (34), (37)	1, 4, 8, 16, (17), 19, 24, 26, (27), 30, (37)
CR	1	1	1
OC		1, 2	
RF	6	1	6
	Chamaecyparis lawsoniana (A. Murray) Parl.	Chamaecyparis nootkatensis (D. Don) Sudw	Chamaecyparis thyoides (L.) B.S.P.
TR	1, (3), 4, (6), 9, 10, 24, 26, 27, 28	1, 4, 9, 10, 20, 24, 26, 27, 28	1, 4, 9, 10, 22, 26, 29
P	(2), 3, 8	(2), 3, (5), 8	2, (3), 5, 8
RL	1, (2), 4, (5), 9, 16, (17), 18, (24), 25, 26, (27), (28), 29	1, 4, (5), 8, 9, 16, 19, 24, 26, (27), 29, 30	1, 4, 8, 16, 18, 24, 26, 27, (28), 29, 30, 37
CR	1	1	1
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	6	6	6
	Juniperus californica Carr.	Juniperus communis L.	Juniperus drupacea Labill.
TR	1, 4, (5), 9, 10, 24, 26, 28	1, 4, (6), 9, 10, 24, 25, 26, 28	1, 4, 9, 10, 24, 26, 29
P	3, 6	2, (3), (5), 6, 7, 8	2, (5), 6, 7
RL	1, 4, 9, 17, 18, 24, 26, (27), 29, 30, (37)	1, 4, 8, 17, 19, 24, 26, (27), 30, 37	1, 4, 7, 17, 19, 24, 26, (27), 30, 37
CR	1	1	1
OC	1, 2	1, 2	
RF	6, 7	1, 6	1

	<i>Juniperus excelsa</i> Bieberstein	<i>Juniperus horizontalis</i> Moench	<i>Juniperus macrocarpa</i> Sibthorp et Smith
TR	1, 4, 9, 10, 24, 26, 27	1, 4, 9, 10, 24, 26, 27, 28	1, 4, 9, 10, 24, 26, 27, 28
P	2, 3, 5, 7, 8	3, 6	2, 3, 6
RL	1, 4, (5), 9, 17, 19, 24, 26, (27), 29, 34, 37	1, 4, (5), 9, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 30, (37)	1, 4, 9, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 30, 37
CR	1	1	1
OC	1, 2		1, 2
RF	1	6	1
	<i>Juniperus mexicana</i> Schlechtendal	<i>Juniperus monosperma</i> (Engelmann) Sarg.	<i>Juniperus occidentalis</i> Hook.
TR	1, 4, 9, 10, 24, 26, 28	1, 4, 9, 10, 14, 24, 26, 27, 28	1, 4, 9, 10, 23, 26, 27, 28
P	2, 3, 5, 7	2, 3, 5, 7	2, 3, 5, 7
RL	1, (2), 4, (5), 9, 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, (37)	1, 4, 9, 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, 37	1, (2), 4, 7, (16), 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, 37
CR	1	1	1
OC			
RF	6,7	6, 7	6
	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	<i>Juniperus phoenicea</i> L.	<i>Juniperus sabina</i> L.,
TR	1, 4, 9, 10, 14, 24, 26, 27, 28	1, (3), 4, (6), 9, 10, 14, 24, 26, 27, 28	1, 4, 9, 10, 24, 26, 27, 28
P	2, 3, 7, 8	2, 3, 7, 8	2, 3, 5, 7, 8
RL	1, 4, 8, 9, 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, 34, 37	1, 4, 8, 9, 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, 34, (37)	1, 4, 9, 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, (34), 37
CR	1	1	1
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	1	1	1
	<i>Juniperus scopulorum</i> Sarg.:	<i>Juniperus silicicola</i> (Small) Bailey	<i>Juniperus thurifera</i> L.
TR	1, 4, 9, 10, 23, 26, 28	1, 4, 9, 10, 24, 26, 28	1, (3), 4, (6), 9, 10, 24, 26, 27, 28
P	3, (5), 7	2, 3, 5, 6	3, 5, 7, 8
RL	1, 4, (5), 8, 17, 19, 24, 26, (27), 29, 37	1, (2), 4, (5), 7, 8, (16), 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, 37	1, 4, 9, (16), 17, (19), 24, 26, 27, 29, 30
CR	1	1	1
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	6	6	1
	<i>Juniperus virginiana</i> L.	<i>Larix decidua</i> Miller	<i>Larix laricina</i> (Du Roi) K. Koch
TR	1, 3, 4, 6, 9, 10, 16, 23, 25, 26, 28	1, 4, 9, 10, 11, 23, 26, 28, 29	1, 4, 9, 10, 11, 24, 26, 28, 29
P	2, (3), 5, 7	1, 3, 6	1, 3, 6
RL	1, 4, 9, (16), 17, 19, 24, 26, 27, 28, 29, 30	1, (2), 3, 4, (5), 8, 10, (12), (13), 17, 19, 23, 27, (28), 29, 30, 35, 37	1, 3, 4, (5), 7, 10, (12), (13), 17, 19, 23, 27, (28), 29, 30, 35, 37
CR	1	3, 5, 7	3, 5, 7
OC	1, 2	2	—
RF	6	1	6

	<i>Larix lyallii</i> Parl.	<i>Larix occidentalis</i> Nuttall	<i>Larix sibirica</i> Ledebour
TR	1, 4, 9, 10, 11, 23, 26, 28, 29	1, 4, 8, 9, 10, 11, 19, 22, 26, 29	1, 4, (8), 9, 10, 24, 26, 27, 28, 29
P	1, 3, 6	1, 3, 6	1, 3, 6
RL	1, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 17, 19, 23, 27, (28), 29, 30, 35, 37	1, 3, 4, (5), 7, 10, (12), (15), 17, 19, 23, 28, 29, 30, 35, 37	1, (2), 3, 4, (5), 7, 10, (12), (13), 17, 19, 23, (25), 26, 27, 29, 30, 35, 37
CR	3, 5, 7	3, 5, 6	3, 5, 7
OC	—	2	2
RF	6	6	1
	<i>Picea abies</i> (L.) Karst.	<i>Picea albertiana</i> Stewardson-Brown	<i>Picea breweriana</i> S. Watson
TR	1, 4, (8), 9, 10, (11), (19), 24, 26, 28	1, 4, 9, 10, 22, 26, 28, 29	1, 4, 7, 9, 10, 23, 26, 27, (28)
P	1	1	1
RL	1, (2), 3, 4, (5), 7, 10, 12, 13, 17, 19, 23, 26, (27), (28), 29, 30, 35, 37	1, (2), 3, 4, (5), 7, 10, 12, 13, 17, 19, (20), 23, 26, 27, (28), 29, 35, 37	1, 3, 4, (5), 8, 10, 17, 19, 23, 26, 27, (28), 29, 35, 37
CR	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
OC	—	—	—
RF	1	6	6
	<i>Picea engelmannii</i> (Parry) Engelmann	<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss	<i>Picea mariana</i> (Miller) Britton, Sterns et Poggenberg.
TR	1, 4, (8), 9, 10, 16, 24, 26, 27, 28	1, 4, (8), 9, 10, 24, 25, 28	1, 4, 9, 10, 11, 14, 23, 26, 28, 29
P	1	1	1
RL	1, (2), 3, 4, 9, 10, 17, 19, (20), 23, 26, 27, 29, 30, 35, 37	1, 3, 4, (5), 9, 10, 12, 13, 17, 19, (20), 23, 26, (27), 29, 35, 37	1, (2), 3, 4, 5, 7, 10, 12, 13, 17, 19, (20), 23, 26, 27, (28), 29, 30, 35, 37
CR	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
OC	—	—	—
RF	6	6	6
	<i>Picea obovata</i> Ledeb.	<i>Picea omorika</i> (Pancic) Purkyne	<i>Picea orientalis</i> (L.) Link
TR	1, 4, (8), 9, 10, 24, 26, 28	1, 4, 8, 9, 10, 20, 24, 26, 28, 29	1, 4, (8), 9, 10, 24, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, (2), 3, 4, 8, 9, 10, (12), (13), 16, 17, 19, (20), 23, 26, 27, (28), 29, 35, 37	1, (2), 3, 4, 7, 10, 12, 13, 17, 19, 23, 26, 27, (28), 29, 30, 35, 37	1, (2), 3, 4, 5, (6), 7, 8, 10, (12), (13), 17, 19, 23, 26, (27), (28), 29, 30, 35, 37
CR	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 6
OC	—	—	—
RF	1	1	1
	<i>Picea pungens</i> Engelmann	<i>Picea rubens</i> Sarg.	<i>Picea sitchensis</i> (Bongard) Carr.
TR	1, 4, 8, 9, 10, 24, 26, 28	1, 4, 8, 9, 10, 23, 26, 29	1, 4, 8, 9, 10, 24, 26, 28, 29
P	1	1	1
RL	1, (2), 3, 4, 8, 9, 10, 12, 13, 17, 19, 23, 26, 27, (28), 29, 30, 35, 37	1, 3, 4, 5, 6, 10, 17, 19, 23, 26, 27, (28), 29, 35, 37	1, (2), 3, 4, (5), 8, 10, 12, 13, 17, 19, 23, 26, 27, (28), 29, 30, 35, 37
CR	3, 5, 7	3, 5, 7	3, 5, 7
OC	—	—	—
RF	6	6	6

	<i>Pinus albicaulis</i> Engelmann	<i>Pinus aristata</i> Engelmann	<i>Pinus attenuata</i> Lemm.
TR	1, 4, 8, 9, 10, 23, 26, 29	1, 4, 8, 9, 10, (11), 23, 26, 28	1, 4, 9, 10, 23, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, 8, 10, 17, 19, 21, 26, 32, 36	1, 3, 4, 7, 10, 17, 19, 22, 23, 26, 27, 29, 36	1, 3, 4, (5), 9, 10, 12, 14, 16, 18, (19), 22, 26, 27, (28), 30, 36
CR	3, 4, 6	2, 6	2, 6
OC	1, 2		
RF	6	6	6, 7
	<i>Pinus balfouriana</i> Grev. et Balf.	<i>Pinus banksiana</i> Lambert	<i>Pinus brutia</i> Ten.
TR	1, 4, 9, 10, 16, 20, 22, 26, 29	1, 4, 9, 10, 23, 26, 29	1, 4, 9, 10, 24, 26, 27
P	1	1	1
RL	1, (2), 3, 4, (5), (6), 7, 10, (12), (13), 17, 19, 20, (22), 23, 26, 27, 29, 36	1, (2), 3, 4, 7, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 26, 27, (28), 30, 31, 32, 36	1, 3, 4, 7, 10, 12, 13, 17, 19, 22, 26, 27, (28), 30, 36
CR	2, 6	2, 6	2, 6
OC	1, 2	1, 2	
RF	6	6	1
	<i>Pinus canariensis</i> C. Smith	<i>Pinus cembra</i> L.	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.
TR	1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, (11), (19), 24, 26, 29	1, 4, 8, 9, 10, 23, 26, 29	1, 4, 9, 10, 23, 26, 29
P	2, 6	1	1
RL	1, 3, 4, (5), 7, 10, (12), (13), 16, (17), 18, 19, 22, 26, 27, 30, (34), 36	1, 3, 4, (5), 7, 10, 16, 18, 22, 26, (27), 32, 36	1, (2), 3, 4, (5), 7, 10, 17, 19, (22), 23, 26, (27), 29, 30, 36
CR	2, 6	3, 4, 6	2, 6
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	1	1	6, 7
	<i>Pinus clausa</i> (Chapm) Vasey	<i>Pinus contorta</i> Dougl. ex Loud.	<i>Pinus coulteri</i> D. Don.
TR	1, 4, 9, 10, 11, 23, 26, 29	1, 4, 8, 9, 10, 23, 26, 29	1, 4, 9, 10, 11, 23, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, 5, 7, 10, 12, 15, 16, 18, (19), 22, 26, 27, (28), 30, 31, 32, 36	1, 3, 4, (5), 7, 10, 12, 14, 15, 17, 18, 22, 26, (27), 31, 36	1, 3, 4, 9, 10, 12, 14, 16, 18, (19), 22, 26, 27, (28), 30, 31, 32, 36
CR	2, 6	2, 6	2, 6
OC	1, 2	1, 2	
RF	6	6	6, 7
	<i>Pinus echinata</i> Mill.	<i>Pinus elliottii</i> Engelm.	<i>Pinus flexilis</i> James
TR	1, 4, 8, 9, 10, 11, 19, 22, 26, 29	1, 4, 9, 10, 20, 22, 26, 29	1, 4, 8, 9, 10, 24, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, 5, 7, 10, 12, 15, 16, 18, (19), 22, 26, 27, (28), 30, 31, 32, 36	1, 3, 4, 7, 10, 12, 15, 16, 19, 22, 26, 27, (28), 30, 36	1, 3, 4, 8, 10, (16), 17, 19, 21, 26, (27), 32, 36
CR	2, 6	2, 6	2, 6
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	6	6	6

	<i>Pinus glabra</i> Walter	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	<i>Pinus jeffreyi</i> Grev. et Baif.
TR	1, 4, 9, 10, 11, 14, 22, 26, 29	1, 4, 9, 10, (11), 14, (19), 20, 23, 26, 29	1, 4, 8, 9, 10, 20, 23, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, 7, 10, 12, 15, 16, 18, 22, 26, 27, (28), 30, 31, 32, 36	1, 3, 4, (5), 7, 10, 12, 13, 16, 17, (18), 19, 22, 26, 27, 30, 36	1, 3, 4, (5), (6), 7, 10, 14, 15, 16, 18, 22, 26, (27), 30, 36
CR	2, 6	2, 6	2, 6
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	6	1	6, 7
	<i>Pinus lambertiana</i> Douglas	<i>Pinus leucodermis</i> Antoine	<i>Pinus monophylla</i> Torr. et Frem.
TR	1, 4, 9, 10, 11, 14, 22, 26, 29	1, 4, 9, 10, 24, 26, 28	1, 4, 8, 9, 10, 23, 26, 28
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, (5), 7, 10, 17, 19, 22, 26, (27), 32, 36	1, (2), 3, 4, (5), 8, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 22, (23), 26, (27), 30, 36	1, 3, 4, (5), 7, 10, 16, 17, 19, 22, 26, (27), 29, 34, 36
CR	2, 6	2, 6	2, 3, 4, 6
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	6, 7	1	6, 7
	<i>Pinus montana</i> Mill.	<i>Pinus monticola</i> Dougl.	<i>Pinus muricata</i> D. Don
TR	1, 4, 8, 9, 10, 23, 26, 29	1, 4, 9, 10, 23, 26, 28	1, 4, 8, 9, 10, 22, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, 7, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 26, 32, 36	1, 3, 4, 7, 10, 16, 17, 19, 21, 26, 31, 36	1, (2), 3, 4, 7, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 26, 27, 30, 31, 36
CR	2, 6	2, 6	2, 6
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	1	6	6, 7
	<i>Pinus nigra</i> Arn.	<i>Pinus palustris</i> Mill.	<i>Pinus peuce</i> Grisebach
TR	1, 4, 9, 10, 23, 26, 28	1, 4, 9, 10, 11, 19, 22, 26, 29	1, 4, 8, 9, 10, 23, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, (5), 7, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 22, 26, (27), 30, 36	1, 3, 4, (5), 7, 10, 12, 15, 16, 18, (19), 22, 26, 27, (28), 30, 31, 32, 36	1, 3, 4, 7, 10, 16, 17, 19, 21, 26, (27), 32, 36
CR	2, 6	2, 6	3, 4, 6
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	1	6	1
	<i>Pinus pinaster</i> Ait.	<i>Pinus pinea</i> L.	<i>Pinus ponderosa</i> Laws.
TR	1, (3), 4, 9, 10, (11), (19), 23, 26, 29	1, 4, 6, 9, 10, (11), (19), 22, 26, 29	1, 4, 9, 10, 22, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, 7, 10, 12, 14, 16, 17, (18), 19, 22, 26, 27, (28), 30, 34, 36	1, 3, 4, (5), 7, 10, 12, 13, 16, 17, 19, 22, (23), 26, 27, 29, 30, 36	1, (2), 3, 4, (5), 7, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 26, 27, (28), 30, 31, 36
CR	2, 6	2, 6	2, 6
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	1	1	6

	<i>Pinus pungens</i> Lamb.	<i>Pinus quadrifolia</i> Parl.	<i>Pinus radiata</i> D. Don
TR	1, 4, 9, 10, (11), 23, 26, 29	1, 4, 8, 9, 10, 20, 23, 26, 29	1, 4, 9, 10, (11), 22, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, 7, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 26, 27, (28), 29, 30, 31, 32, 36	1, 3, 4, (5), (6), 7, 10, 14, 15, 16, 18, 22, 26, (27), 30, 36	1, (2), 3, 4, (5), 7, 10, 12, 13, 16, 18, (19), 22, 26, 27, (28), 29, 30, 31, 32, 36
CR	2, 6	3, 4, 6	2, 6
OC		1, 2	1, 2
RF	6	6, 7	6, 7
	<i>Pinus resinosa</i> Aiton	<i>Pinus rigida</i> Miller	<i>Pinus sabiniana</i> Douglas
TR	1, 4, 9, 10, 23, 26, 29,	1, 4, 9, 10, 11, 19, 23, 26, 29	1, 4, 9, 10, 11, 22, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 21, 26, 31, 32, 36	1, (2), 3, 4, 7, 10, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 26, 27, (28), 30, 31, 32, 36	1, 3, 4, (5), 7, 10, 12, 13, 16, 18, (19), 22, 26, 27, (28), 29, 30, 31, 32, 36
CR	2, 6	2, 6	3, 4, 6
OC	1, 2	1, 2	
RF	6	6	6
	<i>Pinus serotina</i> Michaux	<i>Pinus strobus</i> L.	<i>Pinus sylvestris</i> L.
TR	1, 4, 9, 10, 11, 19, 20, 22, 26, 29	1, 4, 9, 10, 23, 26, 29	1, 4, 9, 10, 14, 23, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, (5), 7, 10, 12, 15, 16, 18, (19), 22, 26, 27, (28), 30, 31, 36	1, 3, 4, 7, 10, 17, 19, 21, 26, 32, 36	1, 3, 4, 7, 10, 12, 14, 16, 18, 21, 26, 32, 36
CR	2, 6	2, 6	2, 6
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	6	6	1
	<i>Pinus taeda</i> L.	<i>Pinus torreyana</i> Parry	<i>Pinus uncinata</i> Mill.
TR	1, 4, 9, 10, (11), (19), 23, 26, 29	1, 4, 9, 10, 22, 26, 29	1, (3), 4, 9, 10, 22, 26, 29
P	1	1	1
RL	1, 3, 4, 7, 10, 12, 15, 16, 17, (18), 19, 22, 26, 27, (28), 32, 36	1, (2), 3, 4, 7, 10, 12, 15, 16, 18, (19), 22, 26, 27, 30, 31, 32, 36	1, 3, 4, (5), 7, 10, 12, 13, 16, 18, 21, 26, 36
CR	2, 6	2, 6	2, 6
OC	1, 2		1, 2
RF	6	6	1
	<i>Pinus virginiana</i> Miller	<i>Pseudotsuga macrocarpa</i> (Vasey) Mayr.	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco
TR	1, 4, 9, 10, 23, 26, 29	1, 4, 7, 9, 10, 23, 26, 29	1, 4, 7, 9, 10, 23, 26, 28, 29
P	1	1, 2, 6	1, 3, 6
RL	1, 3, 4, 7, 10, 12, 15, 16, 18, (19), 22, 26, 27, 31, 32, 36	1, (2), 3, 4, (5), 7, 11, 17, 19, 23, 26, 27, (28), 29, 30, 35, 37	1, (2), 3, 4, 8, 10, 17, 19, 23, 26, 27, (28), 29, 30, 34, 35, 37
CR	2, 6	3, 5, 7	3, 4, 7
OC	1, 2		2
RF	6	6	6

	<i>Sequoia sempervirens</i> (D. Don) Endl.	<i>Sequoiadendron giganteum</i> (Lindl.) Buchh.	<i>Taxodium ascendens</i> Brongn.
TR	1, 4, 9, 10, (11), 20, 22, 26, 28, 29	1, 4, 9, 10, (11), (19), 20, 23, 26, 28, 29	1, 4, 8, 9, 10, (11), 19, 23, 26, 28
P	3, 5, 6	2, (3), 5, 6, 8	(2), 3, 5, 6, 7
RL	1, (2), 4, 5, (6), 7, (10), 16, (17), 18, (19), (24), 25, 26, 27, (28), 29, 30, (35)	1, (2), 4, (5), (6), 7, (10), 16, 18, (19), (24), 25, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 35	1, 4, 8, 16, 18, 19, (24), 25, 26, 27, (28), 30
CR	1	1	1
OC	2	2	1, 2
RF	6	6	6
	<i>Taxodium distichum</i> (L.) Rich.	<i>Taxus baccata</i> L.	<i>Taxus brevifolia</i> Nuttall
TR	1, 4, 9, 10, 11, 22, 26, 28	1, 4, (6), 7, 9, 10, 14, 23, 26, 28	1, (3), 4, (6), 7, 9, 10, 23, 26, 28
P	(2), 3, 5, 6, 7	1	1
RL	1, (2), 4, 5, (6), 7, 16, 18, 19, (24), 25, 26, 27, (28), 30	1, (2), 4, (5), 8, 16, 19, 24, 26, (27), 29, 30, (37)	1, 4, (5), 8, 16, 19, 24, 26, (27), 29, 30, 37
CR	1	1	1
OC	1, 2	2	2
RF	6	1	6
	<i>Taxus canadensis</i> Marshall	<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Mast.	<i>Thuja occidentalis</i> L.
TR	1, (3), 4, (6), 7, 9, 10, 23, 26, 28, 29	1, 4, 9, 10, (11), 14, (19), 22, 26, 28, 29	1, 4, 9, 10, (11), 24, 26, 28
P	1	2, 5, 7, 8	1, 2, 6
RL	1, 4, 8, 16, 18, 24, (25), 26, 27, (30), 32, (37)	1, (2), 4, (5), 9, 16, 18, (23), 24, 26, 27, 30, 31, 34	1, (2), 4, 8, 16, (17), 19, 25, 26, 27, 29, 30, 34, 37
CR	1	1	1
OC	2	1, 2	—
RF	6	1	6
	<i>Thuja plicata</i> D. Don	<i>Torreya californica</i> Torrey	<i>Torreya taxifolia</i> Arnott
TR	1, 4, 9, 10, (11), 24, 26, 27, 28	1, (2), 3, 6, 7, 9, 10, 14, (20), 23, 26, 27, 28	1, (2), 4, 7, 9, 10, (11), 14, 22, 25, 26, 28, 29
P	2, 3, (5), 6	1, 2, 3, (5), 6	1
RL	1, 4, 8, 16, 19, 25, 26, (27), 30, 37	1, 4, 8, 16, 19, 24, 26, 27, 29, 37	1, 4, (5), (6), 7, 16, 19, 24, 26, 27, (28), 29, 37
CR	1	1	1
OC	1, 2	1, 2	1, 2
RF	6	6	6
	<i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carr.	<i>Tsuga heterophylla</i> (Rafinesque) Sargent.	<i>Tsuga mertensiana</i> (Bongard) Carr.
TR	1, 4, 9, 10, 11, (19), 23, 26, 28, 29	1, 4, 9, 10, 22, 26, 28, 29	1, 4, 9, 10, 23, 26, 28, 29
P	1, 3, 6	1, 3, 6	1, 3, 6
RL	1, 4, (5), 7, 10, 17, 19, 23, 24, 26, 27, (28), 29, 34, 35, 37	1, (2), 4, (5), 7, 10, 17, 19, 24, 26, (27), 29, 30, 34, 35, 37	1, (2), 4, (5), 8, 10, 17, 19, 23, 26, (27), 29, 35, 37
CR	1	1	1
OC	—	—	—
RF	6	6	6

RL16. *Parénquima radial de paredes axiales lisas.*

RL17. *Parénquima radial de paredes axiales noduladas.*

Este carácter es diferenciador, ya que algunos géneros poseen estas nodulaciones de forma constante, como por ejemplo *Abies*.

RL18. *Parénquima radial de paredes horizontales lisas.*

RL19. *Parénquima radial de paredes horizontales punteadas.*

Este carácter también es diferenciador, ya que los géneros que poseen estas nodulaciones las poseen de forma constante.

RL20. *Parénquima radial con cristales.*

Aunque no tiene carácter analítico por su inconstancia, se incluye a título informativo, ya que son pocos los géneros de coníferas en los que se han encontrado cristales (*Abies, Cedrus, Picea, Larix* y *Pseudolarix*).

RL21. *Punteaduras de los campos de cruce de tipo ventana.*

RL22. *Punteaduras de los campos de cruce de tipo pinoide.*

RL23. *Punteaduras de los campos de cruce de tipo piceoide.*

RL24. *Punteaduras de los campos de cruce de tipo cupresoide.*

RL24a. *Punteaduras de los campos de cruce de tipo araucarioide.*

RL25. *Punteaduras de los campos de cruce de tipo taxodioide.*

RL26. *De 1 a 2 punteaduras por campo de cruce.*

RL27. *De 3 a 4 punteaduras por campo de cruce.*

RL28. *Más de 4 punteaduras por campo de cruce.*

RL29. *Diámetro de las punteaduras de los campos de cruce entre 2 y 5 μ .*

RL30. *Diámetro de las punteaduras de los campos de cruce entre >5 y 10 μ .*

RL31. *Diámetro de las punteaduras de los campos de cruce entre >10 y 15 μ .*

RL32. *Diámetro de las punteaduras de los campos de cruce >15 μ .*

RL33. *Cristales en traqueidas radiales.*

RL34. *Parénquima radial con resina.*

RL35. *Traqueidas radiales marginales.*

La posición que ocupan las traqueidas dentro del radio es marginal, es decir, en los extremos superior y/o inferior del radio.

RL36. *Traqueidas radiales alternas.*

También son conocidas con el nombre de diseminadas, y se sitúan alternadas entre las filas del parénquima radial.

RL37. *Hendiduras radiales.*

El término hendidura radial procede de la palabra inglesa *indenture* empleado por Peirce (1936). Se observa sobre el corte radial y se refiere a la depresión que en algunas maderas de coníferas se observa entre la pared transversal (horizontal) y la pared tangencial o terminal de una célula de parénquima radial. Carácter particularmente interesante en el caso de **Cupressaceae** y **Taxodiaceae**. No existen en **Araucariaceae**. Requieren como mínimo para su observación $\times 500$.

Canales resiníferos

CR1. *Canales resiníferos ausentes.*

Este carácter se aplica cuando no se observan canales resiníferos fisiológicos en la sección transversal. Quedan incluidas también las muestras que presenten canales resiníferos de naturaleza traumática, que se distinguen de los anteriores porque sólo se presen-

tan de forma esporádica, no existiendo en los anillos de crecimiento anteriores o posteriores. Los canales traumáticos axiales tienen tendencia a disponerse en cortas series tangenciales y a formar toda suerte de quistes. Los canales traumáticos radiales son a menudo de talla anormalmente ancha, con varias decenas de células epiteliales por canal.

CR2. *Células epiteliales delgadas.*

El espesor de la pared es tan escaso que cuando se realizan las preparaciones microscópicas las células se rompen o desaparecen (*Pinus*).

CR3. *Células epiteliales gruesas.*

El espesor de sus paredes es lo suficientemente grande como para que después de ser realizada la preparación microscópica dichas paredes sean visibles con nitidez.

CR4. *Número de células epiteliales 8.*

CR5. *Número de células epiteliales >8.*

CR6. *Diámetro de los canales resiníferos longitudinales >60μ.*

El diámetro medio de los canales resiníferos se ha medido sobre la sección transversal, no incluyendo el espesor de las células epiteliales.

CR7. *Diámetro de los canales resiníferos longitudinales <60μ.*

Otros caracteres

OC1. *Olor*

Al margen del olor resinoso que presentan las coníferas en estado verde, algunas de ellas poseen un olor aromático que permanece en estado seco y que permite su diferenciación (*Cedrus*, *Juniperus*, *Tetraclinis*, etc.). Otras, por el contrario, como el *Juniperus foetidissima*, presentan un olor desagradable.

OC2. *Madera perfecta diferenciada por su color.*

Este carácter se atribuye a maderas que poseen duramen netamente diferenciado de la albura. En ocasiones, las maderas recién cortadas no presentan una marcada diferencia entre albura y duramen, debiendo esperar un tiempo hasta que la exposición al aire origine, si existe, la diferencia de color. No debe atribuirse a maderas con una ligera diferencia de tono entre albura y duramen.

Regiones forestales

La inclusión de regiones forestales en una clave de identificación debe ser considerada como una herramienta auxiliar al procedimiento general de identificación. El conocimiento de la procedencia facilita notablemente el trabajo y es por ello por lo que la mayor parte de las claves hacen uso de estos caracteres.

RF1. *Europa, Norte de África y Norte de Asia.*

RF2. *India y Pakistán*

RF3. *China, Japón y Corea*

RF4. *Australia y Tasmania*

RF5. *Nueva Zelanda*

RF6. *América del Norte*

RF7. *América Central, Caribe y Sudamérica tropical.*

RF8. *África tropical.*

RF9. *Sudáfrica*

RF10. *Sudeste asiático*

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A pesar de la notable dificultad que entraña la identificación de coníferas a nivel de especie debido a la proximidad de caracteres entre unas y otras, la utilización de esta clave nos permite aproximarnos aún más a la anatomía específica de las maderas de coníferas, y aunque no se pretende alcanzar con ella la identificación de una sola especie, al menos permite alcanzar a un grupo de especies, en ocasiones pertenecientes a géneros muy distantes, pero con características anatómicas similares.

Esta nueva clave presenta como ventaja frente a otras ya existentes la utilización de caracteres anatómicos que hasta ahora no se habían incluido, así como la combinación de caracteres no sólo microscópicos, sino también macroscópicos y de distribución geográfica. Todo ello unido a su empleo mediante un programa informático, facilita y agiliza el difícil trabajo de la identificación de maderas de coníferas.

La continuación de este estudio en su segunda parte, ya iniciado, nos permitirá completar el trabajo emprendido, pudiendo llegar, entre otras, a conclusiones relativas a la presencia indistinta de uno o dos tipos a lo sumo, según procedencias, de punteaduras de los campos de cruce en algunas especies de la familia de las Taxodiaceae o, por ejemplo, la presencia permanente de células epiteliales delgadas en los canales resiníferos en la mayoría de las especies del grupo *Diploxylon* del género *Pinus*.

La extensión del estudio a las coníferas del hemisferio Sur pondrá de manifiesto las diferencias singulares entre las especies boreales y australes, significadas especialmente en las especies incluidas en *Araucariaceae* y *Podocarpaceae*, al poseer éstas una estructura más primitiva en sus radios leñosos.

AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), por su aportación económica para la adquisición de los equipos de microscopía y microtomía utilizados en este estudio, y a todas las entidades que han colaborado aportando muestras de maderas de sus colecciones.

SUMMARY

Key to the identification of conifer woods at the level of species. European and north american regions

This work presents the first step to establish a identification key of world-wide conifer woods at the species level.

The identification of 120 coniferous species of North America and Europe have been established.

Traditional methods of preparation and microscopic woods description have been followed. The 93 traits used were grouped in six main types: 29 characters of the tracheids, eight characters of the longitudinal parenchyma, 37 characters of wood rays, seven characters of resin ducts, two macroscopic characters, and 10 characters related to the geographical distribution of the species.

An open key has been obtained for the identification of the species based on these six groups of traits.

This work constitutes one of the research lines of the Wood Technology Department of the ETSI Montes in Madrid, and can be used by researches and users devoted to the international woods trade of protected species.

KEY WORDS: Anatomy
Wood
Conifer
Species
Identification
Xylem

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWN H.P., PANSHIN A.J., FORSAITH C.C., 1949. Textbook of wood technology. Volume 1. Structure, identification, defects and uses of the commercial woods of the United States. McGraw-Hill Book Company, Inc. 652 pp.
- CASTELLARNAU Y LLEOPART J.M.^a, 1880. Estudio micrográfico del tallo del pinsapo. (Abies pinsapo Boiss.) Anales de la Sociedad Española de Historia Natural. Vol. IX. Cuaderno 3.º, 401-464.
- CASTELLARNAU Y LLEOPART J.M.^a, 1883. Estudio micrográfico del sistema leñoso de las coníferas y en general del Género Pinus. Anales de la Sociedad Española de Historia Natural. Tomo XII. Cuaderno 1.º y Cuaderno 2.º
- COLLARDET J., BESSET J., 1988. Bois commerciaux. Les résineux (Conifères). Editions H. Vial & Centre Technique du bois et de L'ameublement. 277 pp.
- CORE H.A., CÔTÉ W.A., DAY A.C., 1979. Wood structure and identification. Syracuse University Press. 182 pp.
- DEBAZAC E.F., 1964. Manuel des conifères. L'École Nationale des Eaux et Forêts de Nancy. 172 pp.
- GARCÍA ESTEBAN L., GUINDEO CASASÚS A., 1988. Anatomía e identificación de las maderas de coníferas españolas. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho (AITIM). 142 pp.
- GARCÍA ESTEBAN L., GUINDEO CASASÚS A., LAÍN ORTEGA L.C., 1991. Maderas del mundo. Tomo I. Coníferas Ab-Whi. Frondosas Ab-Azu. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho (AITIM). 217 pp.
- GARCÍA ESTEBAN L., GUINDEO CASASÚS A., DE PALACIOS DE PALACIOS P., 1996. Maderas de coníferas. Fundación Conde del Valle Salazar. 349 pp.
- GARCÍA ESTEBAN L., CASALS COSTA V., MORENO R., MORENO A., 1997. El estudio micrográfico de las especies forestales españolas. Sociedad Española de Ciencias Forestales. 153 pp.
- GIORDANO G., 1980. I legnami del mondo. Dizionario enciclopedico. Il Cerilo Editrice. 1184 pp.
- GREGUSS P., 1955. Identification of living gymnosperms on the basis of xylotomy. Akademiai Kiado. 612 pp.
- GREGUSS P., 1972. Xylotomy of the living conifers. Akademiai Kiado. 329 pp.
- HARRAR E.S., 1957. Honglis encyclopedia of American woods. Robert Speller and Sons. 25 pp.
- HAYASHI S., 1991. Micrographic Atlas of Japanese Woods. Wood Research Institute, Kyoto University. 170 pp.
- JACQUIOT C., 1955. Atlas d'anatomie des bois des conifères. Institut National de Bois. 197 pp.
- JANE F.W., 1970. The structure of wood. Adam & Charles Black. 478 pp.
- McELHANNY T.A., 1940. Les bois du Canada. Leurs propriétés et leurs usages. J.-O. Patenaude, O.S.I. 358 pp.
- PERAZA ORAMAS C., 1964. Estudio de las maderas de coníferas españolas y del Norte de Marruecos. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE). 112 pp.
- PERAZA ORAMAS C., LÓPEZ DE ROMA A., 1967. Estudio de las principales maderas de Canarias. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE). 220 pp.
- RECORD S.J., HESS R.W., 1949. Timbers of the New World. Yale University Press. 640 pp.
- SCHWEINGRUBER F.H., 1982. Microscopic wood anatomy. F. Flück-Wirth, Internationale Buchhandlung für Botanik und Naturwissenschaften. 226 pp.
- SCHWEINGRUBER F.H., 1990. Anatomy of European woods. Haupt. 800 pp.
- VALLEY, WYCOMBE, BUCKS, 1971. Microscopical identification of softwood. Key to those principally used in Great Britain. Timber Research and Development Association.
- VIDAKOVIC M., 1991. Conifers, morphology and variation. Graficki Zavod Hrvatske. 754 pp.