

Introducción

Identificar una muestra desconocida mediante su comparación con un modelo o con una descripción pública es una necesidad bastante común que frecuentemente constituye el punto de partida en investigaciones de variada índole. La identificación de muestras es utilizada habitualmente en numerosos campos y disciplinas.

En las áreas de la biología y las ciencias forestales y para el caso concreto de la madera, esta labor de identificación de una muestra desconocida puede resultar una tarea difícil e incluso llegar a ser imposible. Solo la posesión de unos caracteres distintivos y la posibilidad de ser comparada con las descripciones de maderas previamente caracterizadas permitirá la identificación de la muestra objetivo.

Por ello, se presentan treinta y tres fichas de maderas que pretenden ofrecer información útil sobre la identificación de muestras a través de técnicas anatómicas y no anatómicas. Las maderas incluidas han sido consideradas como prioritarias para el mercado nacional por un comité de expertos.

En el comercio internacional de maderas no es infrecuente que una serie de especies, normalmente del mismo género, compongan un mismo grupo comercializadas bajo una misma denominación. Tal es, por ejemplo, el caso de la madera conocida comercialmente como Bubinga, que en realidad es un grupo compuesto por diferentes especies del género *Guibourtia* spp. En ocasiones, tal como pasa con el grupo de los "roble blancos" que integra varias decenas de robles que son indistinguibles entre sí, no hay una única madera comercial sino muchas, lo que genera numerosos problemas comerciales al poderse sustituir unas maderas por otras. En otros casos, el problema puede ser aún más acuciante si dentro de un amplio grupo de maderas se incluye además una especie protegida por alguno de los anexos de CITES. Por ejemplo, esto pasa en el grupo de los robles blancos, que integra en su seno al *Q. mongólica* que es una especie incluida en el Anexo III de CITES.

Por ello, en las fichas se incorpora información sobre si una determinada denominación comercial está integrada por una única especie o si, por el contrario,

es realmente un grupo de especies. Además, se indica si en el seno de dicho grupo existe alguna especie con protección CITES con la que podría ser confundida.

En cada una de las fichas se aporta información acerca de:

- **Familia** a la que pertenece el género correspondiente.
- **Nombre científico de la/s especie/s**, incluyendo sinonimias.
- **Nombres comerciales**, en español e inglés.
- **Distribución geográfica**, descripción y mapa de distribución.
- **Lista de especies CITES**: especie/s protegidas o no bajo las normas CITES.
- **Posibles aplicaciones**.
- **Descripción de la madera**, indicando los principales datos sobre densidad, color, anillos de crecimiento, canales resiníferos (coníferas), distribución de vasos (frondosas), distribución de parénquima, visibilidad de radios, así como otros datos adicionales de interés.

Las fotografías fueron tomadas de la sección transversal de muestras de madera referenciadas de la colección existente en la Xiloteca del Centro Nacional INIA-CSIC, incluida en el *Index Xilarorum IV*. Adicionalmente, cada fotografía incorpora en su pie el código identificativo de la muestra de procedencia, lo que permite su perfecta trazabilidad. Los equipos empleados para la realización de las fotografías fueron: Binocular LEICA S9D y cámara LEICA DFC450C. Todas las muestras se fotografiaron con el mismo aumento (20x) para permitir la comparación entre taxones.

Además, en cada una de las fichas se presenta información sobre la posibilidad de identificación por la técnica anatómica, los resultados de la aplicación de las pruebas físicas y químicas de saponificación y

fluorescencia, así como el estado actual de desarrollo de cada una de las técnicas no anatómicas de identificación de maderas (genéticas y espectrométricas).

En cuanto a la técnica de identificación anatómica, se indica si la identificación de la madera en cuestión puede ser realizada a nivel de especie, de género o de grupo comercial de maderas, y si puede haber confusión con otras maderas similares (recogidas o no en los anexos de CITES).

Cuando se quiere identificar una madera mediante esta técnica, se debe realizar un análisis tanto macroscópico como microscópico.

Para el análisis macroscópico, se refresca con una navaja una porción orientada de la muestra para poder observar, en una lupa binocular de hasta 50 aumentos, determinadas características como presencia o ausencia de canales resiníferos, porosidad, tipo de radios leñosos, color de la madera, etc. Existen aplicaciones basadas en el empleo de teléfonos móviles que pueden resultar de enorme utilidad en esta fase.

Todos estos datos nos pueden ayudar a efectuar una primera valoración, pero es necesario llevar a cabo un análisis microscópico posterior que nos permita observar determinados caracteres con un mayor aumento.

En primer lugar, para la realización de las preparaciones microscópicas se deben extraer, si se dispone de material suficiente, tres cubos de 1cm³ y orientarlos según los tres planos de observación (transversal, tangencial y radial). Cada uno de los cubos se destinará al corte de una de las secciones, ya que las garras del microtomo deforman la superficie impidiendo obtener láminas en buen estado.

Posteriormente, es necesario someter los cubos a un proceso de reblandecimiento por cocción a temperatura ambiente o en condiciones de vacío para facilitar el corte de las láminas. Normalmente, las maderas de densidad baja no requieren un proceso de reblandecimiento largo, especialmente si están en estado verde. Sin embargo, si se trata de maderas duras, como muchas tropicales, el proceso puede durar semanas.

Una vez reblandecida la muestra y mediante la utilización de un microtomo, se obtienen láminas de entre 10 y 20 micras de grosor de cada una de las tres secciones. Estas láminas se tiñen con safranina y se someten a un proceso de deshidratación para su posterior montaje.

Este paso debe realizarse lentamente para evitar la formación de burbujas que dificulten la observación.

A continuación, mediante la observación por microscopía óptica, se realiza una descripción de los elementos anatómicos según el Código establecido por IAWA Committee (2004) para la identificación de coníferas e IAWA Committee (1989) para la identificación de frondosas.

Para llevar a cabo la identificación se consultan bases de datos y claves anatómicas nacionales e internacionales como InsideWood, promovido por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA), así como colecciones de preparaciones microscópicas reconocidas.

Como métodos no anatómicos de identificación de maderas se utilizan los test de fluorescencia y saponificación (solo realizados sobre maderas de frondosas).

El test de fluorescencia se lleva a cabo sobre madera de duramen en tres estados (con la superficie refrescada, virutas en agua y virutas en etanol), sometiendo las muestras a la acción de la luz ultravioleta y comprobando si aparece, o no, fluorescencia.

El test de saponificación permite identificar la presencia de saponinas. Para su realización, se introduce una pequeña cantidad de serrín o de pequeñas virutas de la madera objetivo en un recipiente hermético con agua destilada que, tras una intensa pero corta agitación, es analizada visualmente. En la tabla siguiente se aporta información sobre las pruebas de fluorescencia y saponificación en maderas CITES (elaboración por la Cátedra de Tecnología de la Madera, UPM).

TEST DE FLUORESCENCIA Y SAPONIFICACIÓN EN MADERAS CITES

(elaboración por la Cátedra de Tecnología de la Madera, UPM)

| | Fronosas | Duramen fluorescente | Extracto en agua | Extracto en etanol | Saponificación |
|---------------------|---|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|
| AFRORMOSIA | <i>Pericopsis elata</i> (Harms) Meeuwen | NO | NO | NO | NO |
| AGAR | <i>Aquilaria</i> Lam. & <i>Gyrinops</i> Gaertn. | NO | NO | NO | ¿ |
| AJILLO | <i>Caryocar costaricense</i> Donn.Sm. | SI | ¿ | ¿ | ¿ |
| ALMENDRO DE MONTAÑA | <i>Dipteryx panamensis</i> (Pittier) Record & Mell | NO | NO | NO | SI |
| CAOBA | <i>Swietenia humilis</i> Zucc. <i>Swietenia macrophylla</i> King <i>Swietenia mahagoni</i> (L.) Jacq. | NO | NO | SI | SI |
| CEDRO AMERICANO | <i>Cedrela</i> P.Browne | NO | NO | SI | NO |
| CHAMPAK | <i>Magnolia liliifera</i> var. <i>obovata</i> (Korth.) Govaerts | NO | NO | SI | ¿ |
| CIRUELO AFRICANO | <i>Prunus africana</i> (Hook.f.) Kalkman | NO | ¿ | ¿ | ¿ |
| ÉBANO | <i>Diospyros</i> L. | NO | NO | NO | NO |
| GAVILÁN | <i>Oreomunnea pterocarpa</i> Oerst. | NO | ¿ | ¿ | ¿ |
| GRANADILLO | <i>Platymiscium parviflorum</i> Benth. (syn. <i>Platymiscium pleiostachyum</i> Donn.Sm.) | NO | SI | SI | NO |
| GUAYACÁN | <i>Guaiacum</i> Plum. ex L. | NO | NO | SI | ¿ |
| PALISANDRO | <i>Dalbergia</i> L.f. | 1- | - | - | - |
| PALO DE BRASIL | <i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis (syn. <i>Caesalpinia echinata</i> Lam.) | SI | SI | SI | ¿ |
| PALO ROSA | <i>Aniba rosodora</i> Ducke | NO | SI | NO | ¿ |
| PALO SANTO | <i>Bulnesia sarmientoi</i> Lorentz ex Griseb. | NO | NO | SI | ¿ |
| RAMÍN | <i>Gonystylus</i> Teijsm. & Binn. | NO | NO | NO | SI |
| ROBLE MONGOL | <i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb. | NO | NO | NO | SI |
| SÁNDALO ROJO | <i>Pterocarpus santalinus</i> L.f. | NO | SI | SI | SI |

¿ Información no disponible

¹⁻ Ver datos en [Miller, R. and Wiedenhoft, A. 2002. CITES Identification Guide – Tropical Woods.](#)

En la mayoría de los casos, la técnica de identificación anatómica sólo permite llegar a la identificación del género (*Pinus* spp., *Quercus* spp., *Eucalyptus* spp., etc.) por lo que se hace necesario contar con métodos adicionales que permitan llegar a la identificación de la especie.

Normalmente, cuando se necesita la identificación para dilucidar si una madera coincide o no con la especie declarada, la técnica de identificación anatómica permite realizar esta discriminación. Sin embargo, en ocasiones se requiere realizar identificaciones *ex novo* (sin declaración previa de madera/especie) y con la necesidad adicional de llegar a una identificación positiva a nivel de especie. En estos casos, el apoyo de técnicas complementarias es fundamental.

La técnica genética se basa en la extracción, amplificación y análisis de ciertas regiones del genoma presente en la muestra que tienen carácter identificativo, empleando para ello marcadores genéticos (en muchos casos denominados marcadores moleculares). Los marcadores moleculares son segmentos de ADN que informan de las variantes existentes en zonas concretas del genoma. Así, para comprobar si una muestra de madera pertenece, o no, a una determinada especie, es posible genotipar dicha muestra determinando las variantes que presenta en cada marcador analizado, para obtener así el genotipo de la muestra. A continuación, los datos del genotipo de la muestra se compararán con los genotipos de una serie de muestras de referencia de dicha especie y de otras especies con las que pueda haber problemas de identificación, de forma que por similitud se identifique la especie.

Otro grupo de técnicas que pueden ser empleadas como alternativa a la anatómica para la identificación de las maderas son las espectrométricas. Dentro de estas señalamos en primer lugar las tecnologías de espectroscopía vibracional, como son la técnica de

NIRS (Near Infrared Spectroscopy – Espectroscopía de Infrarrojo Cercano) y FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy – Espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier), basadas ambas en el estudio de la interacción entre la radiación electromagnética y las moléculas. En estas técnicas se somete a la muestra de estudio a radiaciones infrarrojas en un rango definido de longitudes de onda, las cuales son absorbidas de forma variable por ella, lo que genera un espectro que posteriormente es comparado con las referencias existentes en una base de datos.

Adicionalmente existe una tercera técnica espectrométrica de gran interés, denominada espectrometría de masas de análisis directo en tiempo real por tiempo de vuelo (DART-TOFMS), la cual es un método que permite la rápida obtención de un perfil químico completo de cualquier muestra de madera con poca o ninguna preparación de muestra. La técnica consiste en exponer a la muestra de madera en estudio a una corriente de iones de helio calentados a 450 ° C. La alta temperatura de esta corriente de iones volatiliza los productos químicos en o cerca de la superficie de la muestra, que en presencia de un campo magnético se separan en función de su relación masa/carga, pudiéndose así obtener un espectro de masas (el perfil químico de la muestra), que contiene señales de todos los productos químicos detectados. Mediante la comparación con una base de datos de resultados de caracterización de especies es posible asignar la muestra a una especie con perfil químico similar. Esta técnica todavía no está disponible a nivel nacional.

Con el tiempo es previsible que estas técnicas de identificación adquieran mayor desarrollo, por lo que es aconsejable confirmar los avances habidos.

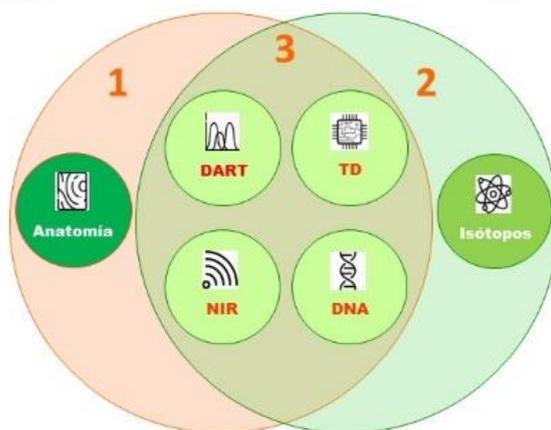
En las siguientes tablas se incluye un árbol de decisión sobre las técnicas de aplicación para la identificación de maderas, en función de diversas variables.

¿Qué técnica utilizar para la identificación de la madera (EUTR-FLEGT-CITES)?



¿Qué información estamos buscando?

- 1 Identidad taxonómica
- 2 Origen geográfico
- 3 Ambas



ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO DE TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS DE MADERA (EUTR, FLEGT y CITES)

| Técnicas de identificación | Estado actual de la técnica | Disponibilidad actual en España |
|------------------------------|---|--|
| 1. Técnica Anatómica | Desarrollada | Disponible (INIA, UPM-Montes) |
| 2. Técnicas Genéticas | En fase de desarrollo (bases de datos) | Disponible (INIA) solo pinos, chopos, eucaliptos |
| 3. Técnicas Isotópicas | En fase de desarrollo (bases de datos) | Equipamiento existente. No disponible |
| 4. Espectrometría DART-TOFMS | En fase de desarrollo (bases de datos) | Sin equipamiento. No disponible |
| 5. Espectroscopia NIR | En fase de desarrollo (bases de datos) | Equipamiento existente. Parcialmente disponible |
| 6. Trazabilidad Digital (TD) | Desarrollada para troncos con dispositivos digitales incorporados (chips) | Disponible |

Nota 1. Las muestras de ensayo deben compararse con muestras de referencia (1) y/o usar bases de datos de referencia previamente desarrolladas (1, 2, 3, 4 y 5).

Nota 2. Si la pieza de madera a identificar botánicamente procede de un árbol individual o una plantación específica y la trazabilidad en la cadena de custodia queda asegurada mediante la técnica de Trazabilidad Digital, se podrá asegurar el origen de la madera, pero no la especie, salvo que la especie haya sido previamente identificada botánicamente *in situ* por especialistas o se apliquen las técnicas de identificación apropiadas al final de la cadena de custodia.

Nota 3. Los métodos de Trazabilidad Digital (TD) sirven para identificar el origen de la madera, ya que el origen la madera queda asociado a una referencia en el tronco que puede consistir en el patrón de anillos del tronco, una pintura especial o la incorporación de elementos digitales. Por tanto, esta técnica sólo se puede emplear cuando se trate de madera en rollo y los troncos incluyan o elementos digitales (típicamente chips) o señales que permitan la inequívoca identificación. Si se quiere extender la trazabilidad hasta los productos intermedios (típicamente madera aserrada) o finales será necesario incorporar un sistema adicional de cadena de custodia.

Nota 4. Muchos de los métodos de la tabla anterior (2, 3, 4, 5) figuran como "En desarrollo". Esto se debe a que no existen bases de datos de referencia para dichas técnicas, aunque se está trabajando en desarrollarlas. Sin embargo, sí que existen bases de datos desarrolladas para ciertas especies, por lo que para esas especies concretas las técnicas podrían ser calificadas como "Desarrolladas".

ARBOL DE DECISIÓN DE TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS DE MADERA (EUTR, FLEGT y CITES)

Por objetivo

| Exigencias | | | | Técnicas de aplicación | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------------|-----------------------|------------------------|---|---|----------------|------------------|
| Autenticación de la muestra | Identificación taxonómica | A nivel de especie | | 1* | 2 | 4 | 5 | 6 ^{2,3} |
| | | A nivel de género | | 1 | 2 | 4 | 5 | 6 ^{2,3} |
| | Origen geográfico de la muestra | País o región | | 2* | 3 | 4 | 5 | 6 ³ |
| | | Concesión Forestal | Bosque natural | 2* | 3 | 4 | 5 | 6 ³ |
| | | | Plantación | 2* | 3 | 5 | 6 ³ | |
| | | Árbol individual | | 2* | | | | 6 ³ |

* Dependiendo de la especie
2 Ver Nota 2
3 Ver Nota 3

ARBOL DE DECISIÓN DE TÉCNICAS DE IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS DE MADERA (EUTR, FLEGT y CITES)

Por tipo de muestra

| Características de la muestra de ensayo | | | | Técnicas de aplicación | | | | | | |
|--|-------------------------------|---|------------------------|------------------------|-----------------------------|---|------------------|---|---|---|
| Características de la muestra de ensayo | Tipo de muestra | Madera sólida | Chapa/T. contrachapado | 1 [✓] | 2 | 3 | 4 | | | |
| | | | Carbón | 1 [✓] | | | | 5 | | |
| | | | Madera aserrada | Albura | 1 | 2 | 3 | | | |
| | | | | Duramen | Con resinas o tratada | 1 | 2 [✓] | 3 | 4 | 5 |
| | | | | | Sin resinas ni tratamientos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | | Tratamiento desconocido | 1 | 2 [✓] | 3 | 4 | 5 |
| | Sin identificar | 1 | 2 [✓] | 3 | 4 | 5 | 6 ^{2,3} | | | |
| | Tableros fragmentación | Tableros de partículas, OSB y de fibras | | 1 [✓] | | | | | | |
| | | Pasta y papel | | 1 [✓] | | | | | | |
| | Tamaño de la muestra | Menor de 1 cm ³ | | 1 [✓] | | 3 | 4 | 5 | | |
| Mayor de 1 cm ³ | | | 1 | 2 | | 5 | 6 ^{2,3} | | | |

✓No siempre es posible