

Modelo de **GOBERNANZA** de la información para aplicativos digitales de **IDENTIFICACIÓN DE MADERAS**



En alianza con:



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Modelo de gobernanza de la información para aplicativos digitales de identificación de maderas

Autores:

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Medio Ambiente y Recursos
Naturales

René López Camacho
Docente investigador

Juan F. Solórzano Gutiérrez
Investigador

Esperanza N. Pulido Rodríguez
Docente investigadora

Revisores:

Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios
Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y
Desarrollo Sostenible
Gina Liseth Martínez González
Jeimy Blanco Flórez

Corporación Autónoma Regional del Cauca
Holman Raúl Gaitán Mesa
Profesional especializado

WWF Colombia

Johana Herrera Montoya
Analista en la Legalidad de Recursos Naturales

John Jairo Manrique
Especialista en Gestión Forestal Regenerativa

Lady Paz Quijano
Ingeniera forestal

Agradecimientos:

Édgar Eduardo Mora

Edición:

El Bando Creativo

Diseño y diagramación:

El Bando Creativo

ISBN impreso:

978-628-96530-5-4

ISBN digital:

978-628-96530-7-8



En alianza con:



The background of the page features two circular cross-sections of wood. One is in the top right corner, showing a reddish-brown outer ring and a lighter, yellowish center. The other is in the bottom left corner, showing a more complex pattern of concentric rings in shades of brown, tan, and yellow. The text is centered in the middle of the page.

Modelo de **GOBERNANZA**
de la información para
aplicativos digitales de
IDENTIFICACIÓN
DE MADERAS

Este documento se realiza en el marco del proyecto “Institucionalidad y actualización de instrumentos normativos para la lucha contra la deforestación y los crímenes ambientales asociados”, implementado por WWF Colombia y financiado por el Fondo Colombia Sostenible, con recursos de los gobiernos de Noruega, Suecia y Suiza y la administración fiduciaria del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

Asimismo, contó con el respaldo de dos iniciativas previas: el proyecto “Fortalecimiento de la Gobernanza Forestal en Colombia”, también financiado por el FCS y administrado por el BID, y el proyecto “Alianza por la Fauna Silvestre y los Bosques”, implementado por Wildlife Conservation Society (WCS) y financiado por la Unión Europea.

Siglas y acrónimos

ACH	Asociación Colombiana de Herbarios
ANLA	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BI	Inteligencia empresarial
Cites	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
CTel	Ciencia, Tecnología e Innovación
CvLAC	Curriculum Vitae para Latinoamérica y el Caribe
FAIR	Findable, Accessible, Interoperable y Reusable (localizable, accesible, interoperable y reutilizable)
GI	Gobernanza de la Información
GrupLAC	Grupos de investigación de CTeI de Latinoamérica y el Caribe
IA	Inteligencia Artificial
IAvH	Instituto Alexander von Humboldt
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IIAP	Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico
Invemar	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis
MinAmbiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinCiencias	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
MinTic	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
MIS	Misión Internacional de Sabios
ONU	Organización de las Naciones Unidas
TI	Tecnologías de la información
RNC	Registro Nacional de Colecciones Biológicas
SiB	Sistema de Información en Biodiversidad
SINA	Sistema Nacional Ambiental
Sinchi	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

Contenido



1



Prólogo 8

2



Glosario 9

3



Introducción 10

4



**Modelo de
gobernanza de
la información 12**

→ Arquitectura de
la gobernanza. 16

→ Estandarización
de la información
generada 22

→ Disposición
de la información
y su gestión 29

→ Acuerdos
institucionales 42

→ Derechos
y propiedad
intelectual 43

5



Referencias 48



1 Prólogo

Contar con herramientas confiables para la identificación de maderas en Colombia se ha vuelto una necesidad urgente, no solo para fortalecer el control frente al comercio ilegal, sino también para avanzar en el conocimiento de nuestra biodiversidad y en la gestión sostenible de los recursos forestales. En los últimos años, el país ha dado pasos importantes en el desarrollo de tecnologías que apoyan esta tarea, como Covima, Imaca y Xylotron. Sin embargo, el buen funcionamiento de estas herramientas depende de un elemento central: la información.

Detrás de cada imagen de madera procesada por estas aplicaciones hay un trabajo técnico que comienza con la recolección de muestras, su adecuada preparación, el registro de datos asociados y la validación científica. Pero toda esta información, para que sea útil, debe organizarse, almacenarse, protegerse y compartirse bajo criterios claros. Y ahí es donde entra en juego este documento.

Este *Modelo de gobernanza de la información* propone una ruta para gestionar de manera responsable, abierta y colaborativa los datos generados en los procesos de identificación de maderas. Ofrece una estructura para que instituciones, investigadores, autoridades y desarrolladores de tecnología sepan cómo actuar frente a los temas clave: quién genera la información, cómo se valida, dónde se guarda, quién puede acceder a ella y bajo qué condiciones. No se trata solo de un asunto técnico, sino también ético y estratégico.

Este modelo complementa el *Protocolo para la estandarización de la toma de muestras de madera* (Pulido et al., 2025), en el que se definen las pautas técnicas necesarias para garantizar que las muestras recolectadas tengan la calidad y consistencia que requieren las herramientas de identificación. Como se establece en dicho documento: tomar una buena muestra es apenas el comienzo. Para que esa información realmente se convierta en un bien público útil y confiable, debe estar respaldada por una gobernanza sólida.

Nuestro llamado, entonces, es a sumar esfuerzos. El fortalecimiento de estas herramientas no depende solo de quienes las desarrollan o implementan. Requiere el compromiso de todos los actores que, desde distintos frentes –ambiental, científico, institucional y tecnológico, entre otros– tienen la responsabilidad y la oportunidad de construir un sistema más transparente y eficaz para la gestión responsable de las especies maderables en Colombia.

Con este modelo, esperamos aportar a ese objetivo común: que la información sirva para tomar mejores decisiones, para ejercer control con base técnica y para conocer y conservar, con mayor profundidad, la riqueza forestal que tenemos como país.



2Glosario

Autoridades ambientales:	Incluye las corporaciones autónomas regionales, las de desarrollo sostenible y las unidades ambientales de los grandes centros urbanos a que se refiere el artículo 66 de la Ley 99 de 1993; a los establecimientos públicos ambientales a los que hacen alusión las leyes 768 de 2002 y 1617 de 2013, así como a Parques Nacionales Naturales de Colombia.
Gestión de la información (GI):	Son los mecanismos de usos y accesos disponibles, información de calidad, generación de valor a partir de la información, apoyo a la toma de decisiones e instrumentos de análisis de la información disponible para los usuarios especializados (MinTIC, 2023).
Gobernanza:	Arte o manera de gobernar que se propone como objetivo el logro de un desarrollo económico, social e institucional duradero, promoviendo un sano equilibrio entre el Estado, la sociedad civil y el mercado de la economía.
Información:	Conjunto de datos que contienen un significado.
Tecnologías de la información (TI):	Procesos, prácticas o sistemas que facilitan el procesamiento y el transporte de datos e información.
Gestión del riesgo:	Proceso de identificar, analizar y cuantificar las probabilidades de pérdidas y efectos secundarios que se desprenden de los desastres, así como de las acciones preventivas, correctivas y reductivas correspondientes que deben emprenderse.
Gestión de registros:	Área de gestión responsable del control eficaz y sistemático de la creación, la recepción, el mantenimiento, el uso y la disposición de documentos; incluidos los procesos para incorporar y mantener, en forma de documentos, la información y prueba de las actividades y operaciones de la organización.
Inteligencia empresarial (BI):	Término general para la tecnología que permite la preparación, la minería, la gestión y la visualización de datos. Las herramientas y procesos de inteligencia empresarial permiten a los usuarios finales identificar ideas reveladoras (<i>insights</i>) accionables a partir de datos no procesados, lo que facilita la toma de decisiones basadas en datos de varias industrias.

3 Introducción

Con el desarrollo e implementación de internet se ha dado una transformación a los registros físicos tradicionales, pasando estos a formar parte de la información digital. Herramientas como el correo electrónico, las bases de datos y los documentos electrónicos son algunos de los componentes de estos procesos. Esta dinámica da como resultado lo conocido en el contexto mundial como *explosión de la información*, caracterizada por la generación masiva y acelerada de información (Tallon et al., 2013).

En este escenario, la información se produce a un ritmo creciente; sin embargo, no es suficiente que una organización se limite a adoptar un enfoque de gestión de la información para administrar este recurso. Ahora se contempla que las organizaciones adopten un enfoque conocido como gobierno o gobernanza de la información, pues este abarca un contexto más amplio que involucra aspectos políticos, tecnológicos y un componente normativo, a los cuales se suma todo lo relacionado con la gestión.

Con el desarrollo de la inteligencia artificial (IA) se requiere garantizar que los sistemas y las tecnologías que se encuentran relacionados con la gestión de datos e inteligencia se utilicen de manera ética, eficiente y segura. Cada día en el que la IA se integra más en las operaciones, la toma de decisiones y aspectos relacionados con manejo de información (en este caso, relacionada con aspectos del manejo de la biodiversidad), la gobernanza de la información se vuelve cada vez más crucial para asegurar que los resultados sean beneficiosos y respetuosos con los derechos de las personas y las normativas vigentes que regulan la información en cada país.

Sabemos que la gobernanza de la información es una función polifacética, es decir, involucra una

variedad de condiciones y capacidades que abarcan aspectos claves como la gestión de registros (GR), gestión de contenidos (GC), gobierno de las tecnologías de la información (TI), seguridad de la información (SI), privacidad de los datos, gestión de riesgos, preparación para litigios, aspectos jurídicos, mantenimiento de los materiales digitales e inteligencia empresarial, entre otros.

La gestión de registros es primordial, ya que utiliza el ciclo de vida de la información para administrar, es decir, desde su creación hasta su eliminación/preservación. Por esta razón, la gestión de registros ha sido el catalizador del cambio del manejo de la información a la gobernanza de la gestión de la información. Este enfoque resulta más adecuado para gestionar la información en multiformato a gran escala (Hulme, 2012).

En Colombia, la Constitución de 1991 contempla que el acceso a la información pública es un derecho, y los datos abiertos son una de las maneras más efectivas de hacer realidad este derecho. En los últimos años, desde el Gobierno se ha promovido que la información creada, transformada y usada por la administración pública pertenezca a la sociedad; lo cual implica no solo que el contenido pueda ser consultado, usado y compartido por todos los colombianos, sino también que esté siempre a disposición, con el fin de que se creen productos o servicios de valor para dar solución a problemáticas públicas (MinTIC, 2019).

La Política Nacional de Ciencia Abierta 2022-2031 (Resolución 0777 del 03 de agosto de 2022, del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [Minciencias]) busca cerrar las brechas del conocimiento científico, tecnológico y de innovación en el país, con el objetivo de permitir la apertura de datos

e información, para que los colombianos tengan acceso e incorporen las aspiraciones sociales en los procesos de investigación, convirtiendo los problemas en oportunidades de crecimiento y desarrollo.

La ciencia abierta y el manejo de información son dos conceptos estrechamente relacionados, y ambos apuntan a hacer que los resultados de investigación científica sean más accesibles, transparentes y colaborativos, lo que a su vez fomenta la innovación y mejora la calidad de la ciencia. En Colombia, la ciencia abierta está alineada con las recomendaciones de la Misión Internacional de Sabios (MIS) de 2019, y tiene como objetivo aumentar el acceso, la visibilidad, la reproducibilidad y la utilidad de los datos, recursos, productos y resultados científicos, tecnológicos y de innovación colombianos; ampliando así la formación, la apropiación, la institucionalización y las infraestructuras de ciencia en el país.

Los datos abiertos permiten generar valor social y económico, aumentando la capacidad de respuesta ante problemas emergentes. Hoy, el manejo de información bajo el contexto de ciencia abierta implica definir con claridad cómo se deben gestionar, almacenar, organizar, compartir y proteger los datos

y el conocimiento generado durante los procesos de investigación. Es evidente que un manejo eficaz de la información es esencial para garantizar la accesibilidad, la integridad y la reutilización de los datos científicos, y que sean base para la toma de decisiones por los diversos sistemas que integran el Estado.

Este documento define un marco de gobernanza de la información, orientado al manejo de datos relacionados con las imágenes empleadas en las aplicaciones que apoyan la gestión forestal, particularmente en los procesos de identificación de especies maderables en Colombia. Asimismo, busca identificar y verificar los factores esenciales para el establecimiento de un marco de política de gestión de información de las especies maderables en el país. Los resultados pueden ser de ayuda tanto para el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), a la hora de materializar iniciativas relacionadas con la identificación de especies maderables objeto de comercio, así como apoyar el trabajo de las autoridades ambientales, los entes de control y vigilancia de los recursos naturales, y empresas e industrias vinculadas al sector maderero.

4 Modelo de gobernanza de la información

- Arquitectura de la gobernanza.
- Reglamentación de la información generada
- Disposición de la información y su gestión
- Acuerdos institucionales
- Derechos y propiedad intelectual





La gobernanza de la información (GI) se define como un marco estratégico en el cual se contemplan normas, procesos, funciones y matrices que contienen los controles y responsabilidades para crear, organizar, almacenar, mantener, utilizar y eliminar información, de conformidad con el objetivo de una organización (Hulme, 2012). A través de la GI, se busca asegurar el uso eficaz y eficiente de la información, para ayudar a las organizaciones a alcanzar sus objetivos.

Las primeras iniciativas frente a la GI fueron establecidas por el Servicio Nacional de Salud (NHS) en el Reino Unido, el cual buscaba proteger la confidencialidad de la información personal de los pacientes (Donaldson y Walker, 2004). En el sector de medio ambiente, algunas referencias de GI resaltan los nuevos retos de la gobernanza medioambiental en la era de la información (Soma *et al.*, 2016), y la importancia de que la lógica de la gobernanza informativa parte de que la información no solo es una fuente de acuerdos, sino que también contribuye a la transformación de las instituciones involucradas, ya que el aumento de la tecnología, los flujos y las redes de información conducen a una reestructuración fundamental de los procesos, estructuras, prácticas y relaciones de poder de la gobernanza.

La gobernanza informativa ayuda a analizar cómo los nuevos desarrollos sociales afectan a los problemas medioambientales urgentes, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la degradación de los recursos naturales. Al respecto, el Convenio de Aarhus (OEA, 1998) afirma la necesidad de “proteger, preservar y mejorar el estado del medio ambiente y de garantizar un desarrollo sostenible y respetuoso con el medio ambiente”.

Esta misma convención interpreta la información medioambiental como “cualquier información escrita, visual, sonora, electrónica o en cualquier otra forma material sobre el estado del medio ambiente y sus múltiples factores, así como de la salud humana”. El establecimiento de este vínculo, en lo correspondiente a la sostenibilidad medioambiental y la información sobre el medio ambiente, comienza a adquirir una importancia crucial.

El principal aporte frente al concepto de gobernanza informativa es la nueva visión interdisciplinar del papel que desempeñan los flujos de información, los cuales están en rápido aumento en los procesos

e instituciones de gobernanza (Soma *et al.*, 2016).

En el caso de Colombia, la necesidad de aplicar un enfoque de gobernanza de la información cobra especial relevancia en procesos técnicos como la identificación de especies maderables, que requieren el uso de imágenes de referencia, tecnologías de procesamiento visual y criterios científicos estandarizados. Este tipo de información es clave tanto para la gestión forestal sostenible como para los procesos de control y vigilancia frente al comercio ilegal de madera.

La gobernanza de la información integra dimensiones técnicas, jurídicas, tecnológicas y organizativas para garantizar que las imágenes y registros asociados a las muestras de madera sean confiables, accesibles y estén alineados con los objetivos de sostenibilidad y legalidad del sector (Figura 1):

- ▶ Procesos de construcción de la información: almacenamiento, manejo de archivos y acuerdos con proveedores de la información.
- ▶ Aplicación de nuevas tecnologías en el procesamiento de imágenes de maderas. Los siguientes son algunos casos específicos actualmente empleados para la identificación de maderas en Colombia:
 - Xylotron (Ravindran *et al.*, 2020)
 - Control y Vigilancia de Maderas App Covima (MinAmbiente, 2020)
 - Imaca (Ordóñez-Urbano *et al.*, 2023)
- ▶ Las cualidades, la transparencia y la responsabilidad de la información: Se abordan aspectos como la política de privacidad integral, el diseño de privacidad y la protección de datos.
- ▶ Los requerimientos en los cambios institucionales para gobernar: Se abordan aspectos como formación, capacitación y manejo de registros.





Figura 1. Esquema de gobernanza de la información para el manejo de imágenes de especies maderables y sus componentes



Fuente: Elaboración propia.

Bajo este esquema, y junto a lo establecido por Rivero et al. (2018) frente a la aplicación del concepto de gobernanza de la información, **ESTE MODELO IDENTIFICA UN CONJUNTO DE NORMAS, PRÁCTICAS, GUÍAS Y HERRAMIENTAS** que determinan la gestión para el manejo de la información, particularmente en lo relacionado con imágenes que permitan la identificación de especies maderables en Colombia.

El modelo propuesto comprende:

- ▶ Arquitectura de la gobernanza: Para identificar instituciones y roles.
- ▶ Estandarización del tipo de información generada con las especies colectadas: Imágenes con sus correspondientes referentes macroscópicos (probeta de madera) y espécimen botánico (muestra colectada).
- ▶ Disposición de la información y su gestión: Disposición en la red nacional de datos sobre la biodiversidad, disposición y manejo de bases de datos en colecciones biológicas pertenecientes al Registro Nacional de Colecciones Biológicas (RNC) del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH).
- ▶ Acuerdos institucionales.
- ▶ Derechos y propiedad intelectual.



Arquitectura de la gobernanza

En el desarrollo de la gobernanza de datos se requiere establecer métodos que permitan definir qué organizaciones, y quiénes dentro de ellas, tienen la responsabilidad de supervisar, gestionar y regular el uso de la información. Esto implica establecer los procedimientos, herramientas y personal necesarios para gestionar y salvaguardar los datos.

En el caso particular de los sistemas de identificación automatizada de especies maderables, como Xylotron (cuya aplicación en Colombia es liderado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas), Imaca (desarrollada por la Universidad del Cauca) y el aplicativo Covima (desarrollado por MinAmbiente), u otros que han venido desarrollándose en los últimos años, como Xylorix, Xylophone, WIDER, IMAIapp (Silva *et al.*, 2022), es indispensable identificar a las organizaciones, instituciones y demás actores involucrados. Este paso es clave para determinar las responsabilidades y obligaciones que se tienen al momento de manejar los datos e incorporar nuevas imágenes de especies en dichos sistemas.

Las instituciones, redes u organizaciones que se han identificado en el proceso de contribución a la generación, gestión y uso de información relacionada con las especies maderables en Colombia se listan en la tabla 1. Estos organismos trabajan actualmente o son potenciales para el desarrollo de una gobernanza de la información referente al estudio de las maderas y el empleo de imágenes de apoyo para su identificación, base fundamental para actividades de control, vigilancia y apoyo en los procesos de lucha contra el tráfico ilegal de madera en el país.



Tabla 1. Instituciones, redes y organizaciones que cumplen un rol en la generación de información para la identificación de especies maderables

INSTITUCIÓN/ RED/ ORGANIZACIÓN	FUNCIÓN/ROL
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente)	MinAmbiente, como rector de la gestión del ambiente y los recursos renovables, es el encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y definir las políticas y regulaciones sobre el manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables (Decreto 3570 de 2011). Para el caso de la identificación de maderas, el Ministerio orienta (según criterios predefinidos), define y prioriza las especies maderables con mayor movilización, así como las que se encuentran bajo alguna categoría de amenaza. Estos listados permiten priorizar especies, con el objetivo de obtener imágenes e información para ser incorporadas en las aplicaciones Xylotron, Covima e Imaca, y en los demás sistemas que se creen para tal fin y que estén a cargo de instituciones que tengan interés en un trabajo colaborativo con MinAmbiente. Además, es un potencial financiador para los estudios que permitan conocer las características anatómicas y propiedades de las especies maderables. Específicamente, la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos se encuentra participando en este proceso.
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias)	MinCiencias, como ente rector del sector de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI) del país, busca generar capacidades, promover el conocimiento científico y tecnológico, contribuir al desarrollo y crecimiento del país, y anticiparse a los retos tecnológicos, siempre en busca del bienestar de los colombianos y de consolidar una economía más productiva y competitiva, así como una sociedad más equitativa (Ley 2162 de 2021). Para el caso de la identificación de maderas, el Ministerio orienta, define y prioriza el manejo de la información generada de procesos de investigación bajo diversas técnicas. Hoy, bajo el esquema de ciencia abierta y las Políticas Públicas de Apropiación Social del Conocimiento, en el marco de la CTeI y la Política Nacional de Ciencia Abierta 2021-2031, se definen las acciones que se deben seguir frente a la información y datos obtenidos en la generación de conocimiento. Otro rol importante es la identificación de grupos e investigadores que contribuyen a estos procesos, a través de GrupLac (grupos de investigación) y CVLac (Currículum Vitae Latinoamericano y del Caribe).

sigue →

viene →

INSTITUCIÓN/ RED/ ORGANIZACIÓN	FUNCIÓN/ROL
Universidades, instituciones técnicas y escuelas	Las universidades, instituciones técnicas y escuelas, como centros académicos, educativos e investigativos, cumplen un papel muy importante al incentivar y desarrollar acciones y actividades permanentes e imprescindibles, para contribuir a la generación de conocimiento de los recursos forestales, especialmente de la madera, en áreas como anatomía, propiedades físico-mecánicas, trabajabilidad, determinación de uso potencial y rasgos funcionales de las especies maderables, entre otras. Cinco universidades y un instituto técnico cuentan con el programa de Ingeniería Forestal: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Universidad del Cauca, Universidad Nacional de Colombia, Universidad del Tolima, Universidad Industrial de Santander e Instituto Tecnológico del Putumayo. Desde hace más de 60 años vienen aportando al conocimiento de nuestros ecosistemas boscosos y, específicamente, al estudio de especies maderables. Recientemente se suma la Universidad de los Llanos, con la creación del programa de Ingeniería Forestal. Adicionalmente, la Escuela de Artes y Oficios Santo Domingo, por su tradición en trabajo con especies maderables, juega un rol protagónico como capacitador en la trabajabilidad de la madera, en la formación de artesanos. Así mismo, el SENA contribuye con la formación de técnicos en el Centro de Tecnologías para la construcción y la madera. En el caso de las universidades, la Universidad Distrital y la Universidad del Cauca se encuentran en el proceso de aunar esfuerzos con el propósito de generar herramientas de apoyo para la identificación de maderas, a través del procesamiento de imágenes. Para el caso de estudio del Xylotron, la Universidad Distrital, en cabeza del Laboratorio de Maderas, tiene a su cargo la preparación de las muestras o probetas de madera y la captura de imágenes de estas, para la construcción de un modelo de identificación de maderas. Por su parte, la Universidad del Cauca viene desarrollando un sistema de identificación de imágenes (Imaca), el cual describiremos más adelante. A la fecha, no se conocen estudios de identificación de maderas a través de imágenes en las otras instituciones.
Institutos de investigación	Los institutos de investigación tienen como finalidad promover y realizar investigación que contribuya a conocer, conservar y usar de manera sostenible la biodiversidad del país. En Colombia estos institutos son: • Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) • Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) • Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) • Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (Invemar) Por lo anterior, resulta de gran importancia el aporte de cada instituto —dependiendo de su área de acción geográfica— en la realización de estudios, lo que facilita la consecución de recursos económicos, profesionales y conexiones con las áreas objeto de interés. Se espera dar a conocer a los institutos de investigación todas las herramientas existentes de identificación de maderas, para que, desde sus iniciativas y apoyo, puedan contribuir a aumentar la base de datos de las especies forestales más relevantes o de interés, ya sea, por ejemplo, por su importancia ecológica, grado de amenaza (de acuerdo con las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]), su representatividad en la comercialización, entre otros.

sigue →



viene →

INSTITUCIÓN/ RED/ ORGANIZACIÓN	FUNCIÓN/ROL
Herbarios forestales	Los herbarios forestales son los repositorios donde se almacenan especímenes de plantas prensadas y desecadas, que están ordenados siguiendo un sistema de clasificación ya conocido (Parra y Díaz-Piedrahita, 2016). En Colombia, más de 40 herbarios se encuentran en la base de datos del Index Herbariorum, y consignados en el registro del Instituto Alexander von Humboldt (IAvH). La importancia de los herbarios radica en que cuentan con un respaldo que garantiza la plena identificación de las especies, lo que permite tener certeza en la identificación de probetas o maderas que se obtienen cuando el árbol ha sido cortado (Quesada <i>et al.</i>, 1998). Para el ingreso de especies a sistemas de identificación automatizada de maderas (p. ej.: Xylotron, Covima e Imaca), es necesario que las muestras botánicas de las especies o individuos que se van a estudiar ingresen a un herbario, como respaldo al proceso anteriormente mencionado. Asimismo, hoy, las colecciones biológicas articuladas a través del Sistema de Información en Biodiversidad (SiB Colombia) permiten establecer la distribución geográfica de las especies de interés, identificando lugares para las colectas de muestras botánicas y de maderas de especies priorizadas.
Xilotecas (colección de maderas)	Las xilotecas, al igual que los herbarios, son colecciones que tienen como objetivo disponer de una selección de muestras de madera que sirvan como base para la realización de estudios científicos y como material de referencia (Vásquez-Correa, 2017). En las xilotecas se almacenan y custodian las probetas utilizadas como referentes biológicos para identificación de especies maderables, así como para estudios morfológicos, ecológicos, fitoquímicos, entre otros. Las xilotecas son el apoyo no solo para identificar especies a partir de muestras de madera, sino también para adelantar la toma de imágenes que permita consolidar la base de imágenes. De acuerdo con el Index Xylariorum (https://globaltimbertrackingnetwork.org/products/iawa-index-xylariorum/), Colombia solo cuenta con dos registros de colecciones, y en el registro nacional de colecciones se mencionan tres: • Xiloteca de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín (MEDELw, registro X-UNCM-123) • Xiloteca de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (BOFw, registro X-UDBC-166) • Xiloteca del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad del Tolima (XLTM) La Universidad del Cauca informa poseer una xiloteca.

sigue →



INSTITUCIÓN/ RED/ ORGANIZACIÓN	FUNCIÓN/ROL
Autoridades ambientales	Las Corporaciones Autónomas Regionales “tienen por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento” (Ley 99 de 1993, artículo 30). Es importante resaltar que las autoridades ambientales regionales y urbanas, como entes autónomos dentro de sus jurisdicciones, son aliadas clave al momento de determinar la zona de estudio y la selección de las especies que se van a muestrear. Esto, debido a que las autoridades cuentan con información sobre inventarios forestales, planes de manejo y/o aprovechamiento forestal (de los permisos o autorizaciones que otorgan en sus respectivas jurisdicciones). Las autoridades ambientales, junto con los usuarios de los aprovechamientos y las universidades, deben coordinar acciones que permitan la obtención de muestras —tanto botánicas como de maderas— para ser ingresadas y analizadas en las colecciones biológicas. Adicionalmente, las autoridades ambientales pueden buscar fondos de financiamiento para conocer y estudiar especies que no cuenten con información para su clasificación, identificación y caracterización, pero que actualmente se están comercializando.
Organizaciones no gubernamentales (ONG) y agencias de cooperación, actores privados, entre otros	Las organizaciones no gubernamentales, agencias de cooperación u otras entidades cumplen un importante papel, al gestionar recursos técnicos y/o económicos, con el objetivo de realizar y potencializar este tipo de herramientas que no solo impactan una zona en específico, sino que contribuyen al estudio y generación de alternativas en el manejo, uso y conservación de los recursos forestales. Gracias al trabajo mancomunado de diversos actores que apoyan al Estado en sus esfuerzos de control de la deforestación y degradación de los bosques, y de conservación de la biodiversidad, es posible realizar acuerdos y compromisos para el financiamiento de sistemas de identificación automatizada de maderas, y la generación de capacidades para su uso por parte de autoridades ambientales e instituciones de apoyo, como fuerza pública para la vigilancia y el control forestal.
Sistema de Información en Biodiversidad (SIB Colombia)	El Sistema de Información en Biodiversidad (SiB Colombia), como red nacional de datos abiertos sobre biodiversidad, permite facilitar la gestión de datos e información, acercando usuarios, publicadores y productores de la información, para apoyar procesos de investigación, educación o toma de decisiones relacionadas con el conocimiento, la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Su plan estratégico se enfoca en la creación y fortalecimiento de capacidades, a través de esfuerzos colaborativos, por lo que es viable articular a este sistema las imágenes asociadas a las especies maderables. Esta integración contribuiría a mejorar la infraestructura de datos generados en estos procesos, fortaleciendo así la base de datos disponible para la gestión forestal.
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), como ente encargado de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, juega un rol protagónico, pues mucha de la biomasa arbórea y arbustiva que se retira para obras de infraestructura, debe estar correctamente identificada, para así obtener muestras botánicas y de maderas que permitan enriquecer las colecciones biológicas (anteriormente mencionadas). De esta manera, se contribuye al conocimiento de las especies maderables en Colombia.





Estandarización de la información generada

Existen diferentes métodos para la identificación de maderas. Uno de los más utilizados es el análisis anatómico, que consiste en la descripción detallada de las características macroscópicas y microscópicas de la madera, con el fin de generar información primaria que pueda ser incorporada en sistemas tecnológicos diseñados para la identificación automatizada de maderas a partir de imágenes de muestras cuya procedencia taxonómica es desconocida.

Para garantizar la confiabilidad de la información ingresada en estas tecnologías, las muestras de referencia son comparadas con la información contenida en las colecciones biológicas de referencia, como las xilotecas y los herbarios, atlas anatómicos de maderas o bases de datos electrónicas, con o sin claves de identificación interactiva (Schmitz *et al.*, 2020).

El desarrollo de tecnologías basadas en el análisis anatómico inicia con la fase de estructuración y consolidación. En esta se define el tipo de información primaria requerida por la tecnología, como el plano de estudio de la madera, la estructura anatómica, el tipo y característica de la imagen, su escala, tamaño, entre otros aspectos. El tipo de información necesaria está definida por los modelos que se van a desarrollar con cada tecnología, y normalmente es pactada por los entes financiadores y las instituciones que ejecutan el proyecto. Esta fase se encuentra definida en la etapa de construcción (Figura 1).



Como parte de la información que se genera en el desarrollo de los sistemas de identificación automatizada de maderas, se resaltan tres productos importantes:

- ▶ Muestras de madera
- ▶ Muestras botánicas
- ▶ Imágenes de madera

Estos resultados son los más visibles y requeridos por instituciones, entidades estatales y personas interesadas en conocer más de estas especies.

A continuación, se describe brevemente la relevancia de estos tres productos.

Muestras de madera

Este proceso inicia con la recolección de material biológico en campo, y se rige por los protocolos establecidos para su ingreso a las xilotecas, las cuales están respaldadas por la adecuada recolección del material botánico de cada individuo. Las probetas de madera sobre las cuales se efectúa la toma de las imágenes que alimentan las bases de datos, se constituyen en la evidencia física y el respaldo de las imágenes usadas para la implementación de los sistemas de identificación. Esta evidencia física debe ser procesada e identificada en laboratorios especializados en anatomía de maderas y contar con su correspondiente referente en una colección biológica o xiloteca que cuente con su debida matrícula en el Registro Nacional de Colecciones (RNC)¹ en cumplimiento del Decreto 309 de 2000, “por el cual se reglamenta la investigación científica sobre diversidad biológica”, y el Decreto 1375 de 2013, “por el cual se reglamentan las colecciones biológicas”, actualmente consolidados en el Decreto 1076 de 2015, que compila las normas del sector ambiente y desarrollo sostenible.

En términos generales, para acompañar los procesos de identificación de maderas con imágenes, se requieren probetas de madera, las cuales suelen tener una dimensión de 9,0 cm x 2,0 cm x 2,0 cm.



El objetivo es representar de manera inequívoca y completa la estructura anatómica de la especie (características y apariencia de la albura [parte externa] y el duramen [parte interna del tallo]). En la figura 2 se presentan imágenes utilizadas por sistemas de identificación como Covima, Imaca y Xylotron.

Las muestras pueden obtenerse directamente en los sitios de aprovechamiento con permisos otorgados por la autoridad ambiental, en donde esta actividad es más eficiente y se obtienen muestras estratificadas dentro de un mismo individuo. Los centros de transformación o depósitos de madera constituyen otra fuente importante de muestras de especímenes asociados a nombres comunes y procedencia del material.

Las muestras colectadas ingresan a la xiloteca, mediante:

- ▶ Un proceso estandarizado de preparación del material
- ▶ Verificación de la información asociada
- ▶ Proceso de curado y cuarentena
- ▶ Determinación del espécimen
- ▶ Clasificación taxonómica
- ▶ Identificación

1. Disponible en: <http://rnc.humboldt.org.co/admin/index.php/registros/colecciones>

La información consignada en las colecciones biológicas aporta a la investigación en taxonomía, dendrocronología, tecnología de maderas, ecología funcional, filogenia, entre otras.

Sin embargo, se debe tener presente que debido a la complejidad logística y costos asociados a la toma de muestras de madera en campo de árboles aprovechados, o en los casos en que las muestras no se encuentran asociadas a sitios con permisos de aprovechamiento otorgados por la autoridad ambiental, es necesario ampliar las posibilidades de coleccionar material de diferentes tamaños y fuentes.

Por esta razón, en los últimos años ha cobrado relevancia la colecta de muestras en árboles en pie, sin necesidad de cosecharlos; tomando ramas maduras, núcleos o piezas de madera, de tal forma que no se afecte al individuo. En el caso particular de los núcleos de madera, se usa el barreno o taladro Pressler para la obtención de muestras de madera.

Estas muestras, conocidas en otros países como viruta (Gutiérrez y Ricker, 2013), core (por su nombre en inglés) o núcleos de madera, se extraen con el barreno Pressler dispuesto de forma perpendicular al tronco de un árbol, y consisten en un cilindro de madera que suele medir 5 mm de diámetro y más de 10 cm de largo. Estas muestras permiten:

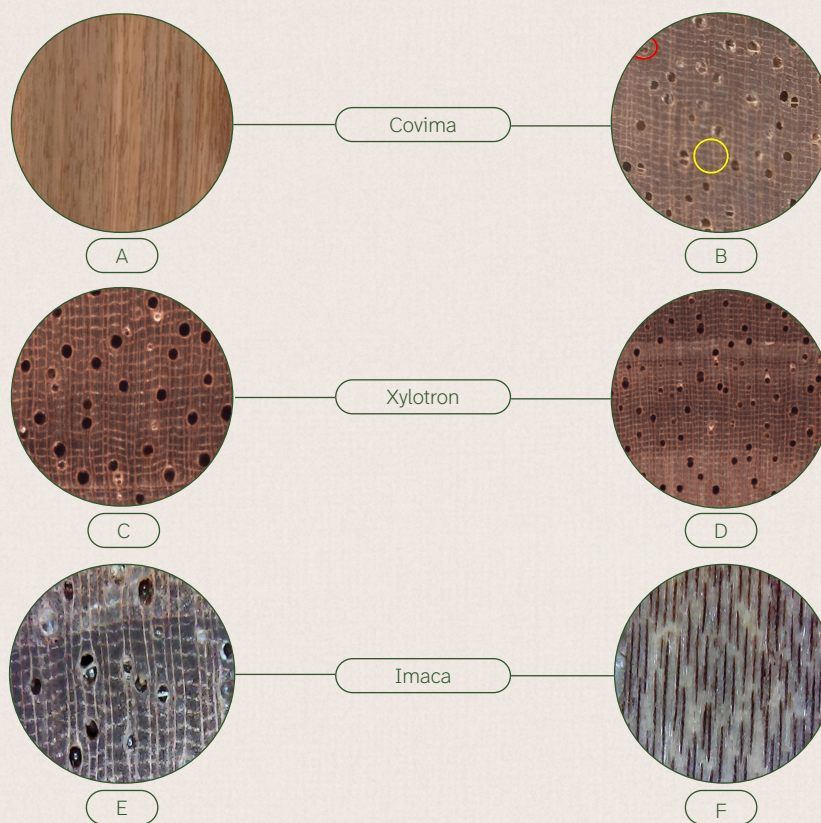
- ▶ Conocer la información anatómica y la edad del árbol.
- ▶ Fechar los anillos anuales de crecimiento.
- ▶ Identificar rasgos funcionales de la madera, como densidad, longitud de fibras, tamaño de poros, entre otros (Salgado-Negret et al., 2015).
- ▶ Estudiar el crecimiento de las especies y su relación con el clima (estudios dendrocronológicos), ya que las muestras se toman desde la corteza hasta el centro del árbol.

Este método se puede implementar con especies que se encuentren en los listados de especies amenazadas, el listado CITES, entre otros, y en los que no sea posible obtener muestras de probetas convencionales. Sin embargo, debe tenerse presente que con las muestras obtenidas mediante este método, generalmente no se cuenta con una alta variabilidad morfológica de los aspectos anatómicos de la madera, lo cual se obtiene cuando se trabaja con muestras de probetas a lo largo del árbol.

El detalle relacionado con la recolección de material biológico en campo se encuentra descrito en el documento *Protocolo para la estandarización de la toma de muestras de madera, como aporte a las bases de datos de aplicativos digitales de identificación de maderas* (Pulido et al., 2025). **ESTE PROTOCOLO COMPLEMENTA EL PRESENTE DOCUMENTO Y ESTÁ DIRIGIDO A LAS ENTIDADES E INSTANCIAS QUE REALIZAN, O TIENEN EL POTENCIAL DE REALIZAR, PROCESOS DE COLECTA DE ESPECÍMENES DE MADERA.** Su objetivo es contribuir a la consolidación de una base de datos nacional de muestras de madera, que sirva de insumo para el desarrollo de herramientas tecnológicas de apoyo en su identificación.



Figura 2. Imágenes de la madera de *Cariniana pyriformis* Miers., utilizadas en herramientas de identificación de maderas.



Las siguientes son las bases de referencia para el análisis de las características anatómicas en el proceso de identificación, de acuerdo con Schmitz *et al.* (2020)

InsideWood / Bibliotecas de la Universidad Estatal de Carolina del Norte (NC STATE). InsideWood NC STATE University Libraries	  Escanea
Maderas comerciales: descripciones, ilustraciones, identificación y consulta de información. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval H.G. Richter and M.J. Dallwitz	  Escanea
Recursos y herramientas para la identificación de madera Timber Identification Resources and Tools	  Escanea
Base de datos microscópica de especies forestales Laboratório Visão Robótica e Imagem UFPR Laboratório de Pesquisa ligado ao Departamento de Informática Search... Search	  Escanea
Base de datos macroscópica de especies forestales Laboratório Visão Robótica e Imagem UFPR Laboratório de Pesquisa ligado ao Departamento de Informática Search... Search	  Escanea

Muestras botánicas recolectadas

Las muestras botánicas son otro producto fundamental para el soporte en la obtención de imágenes de madera, y, al igual que las muestras de la xiloteca, constituyen la evidencia científica y el respaldo al asignar una categoría taxonómica (especie, género, familia) a un espécimen colectado en campo.

Existe una diversidad de guías para la colección de material botánico con destino a un herbario, que deben ser tenidas en cuenta cuando se va a efectuar la colecta de estos ejemplares. Se recomienda consultar las siguientes bases de datos:

- Herbario Nacional Colombiano: <http://www.bio-virtual.unal.edu.co/es/colecciones/search/plants/>

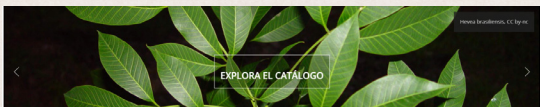
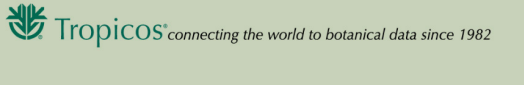
- Herbario Forestal UDBC: <http://herbario.udistrital.edu.co/herbario/>
- Herbario Amazónico Colombiano COAH: <https://sinchi.org.co/coah#>
- Herbario Federico Medem (FMB): https://i2d.humboldt.org.co/ceiba/resource.do?r=herbario_instituto_humboldt

Para conocer otras colecciones botánicas, se recomienda consultar la página web de la Asociación Colombiana de Herbarios (ACH), la cual brinda información a la comunidad botánica y al público en general, sobre las actividades de los herbarios de Colombia: <http://herbarios-de-colombia.blogspot.com/p/directorio-de-herbarios-de-colombia.html>



En la tabla 2 se presentan algunos sitios web recomendados para consulta de aspectos relacionados con plantas.

Tabla 2. Sitios web para consulta de aspectos relacionados con plantas

Catálogo de nombres comunes de plantas  NOMBRES COMUNES DE LAS PLANTAS DE COLOMBIA Rodrigo Bernal, Gloria Galeano, Ángela Rodríguez, Helena Sarmiento y Mauricio Gutiérrez Autores	  Escanea
Catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Universidad Nacional) CONJUNTO DE DATOS DE LISTAS DE CHEQUEO REGISTRADO Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia Publicado por Universidad Nacional de Colombia Riaz L • Agudelo Zamora H	  Escanea
Catálogo de la biodiversidad 	   Escanea
Plantas útiles de Colombia 	  Escanea
Flora mundial en línea 	  Escanea
Lista Mundial de Plantas Vasculares (WCVP) CHECKLIST DATASET REGISTERED NOVEMBER 18, 2020 The World Checklist of Vascular Plants (WCVP) Published by Royal Botanic Gardens, Kew Govaerts R	  Escanea
Tropicos - Jardin botanico de Missouri 	  Escanea
Portal sobre la filogenia de las angiospermas 	  Escanea

Durante el proceso de colecta se deben procesar duplicados para ser depositados en diferentes colecciones botánicas. Recordemos que la obtención de duplicados botánicos es fundamental, pues proporciona material vegetal para investigaciones, desde estudios morfológicos hasta análisis genéticos, lo cual permite no solo validar las identidades taxonómicas, sino entender aspectos como la variabilidad genética, y garantizar la preservación de los especímenes.

La figura 3 ilustra dos momentos de la colecta de un espécimen en campo y de un ejemplar procesado, el cual forma parte de una colección botánica.

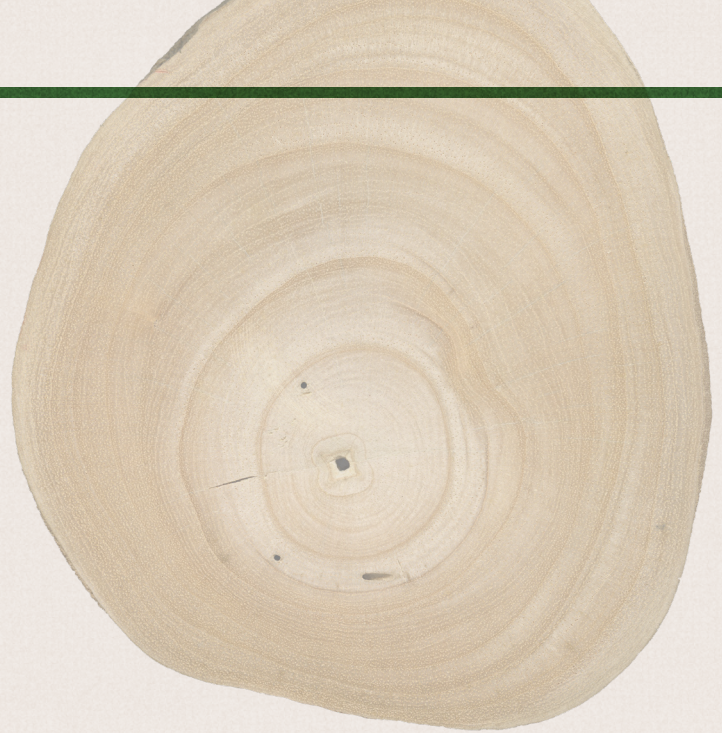


Figura 3. Ejemplar colectado en campo de *Hymenolobium pulcherimum* (izquierda); ejemplar botánico procesado (derecha)



Hymenolobium pulcherimum



Ejemplar botánico procesado

Fuente: Herbario Nacional Colombiano.

Imágenes obtenidas de probetas de madera

Las imágenes obtenidas de los especímenes colectados deben presentar las características anatómicas sobre las cuales se fundamenta su identificación. Es por ello que, de acuerdo con las especificaciones de la herramienta que se va a implementar, se requieren imágenes de diferentes escalas.

La base de datos que alimenta el modelo implementado en el sistema de identificación **Xylotron** requiere imágenes de 2048 x 2048 píxeles, que ocupan un tamaño aproximado de 123 MB. Estas imágenes se obtienen gradualmente, siguiendo el crecimiento diametral de la especie en el plano transversal de la madera, con el propósito de registrar las tendencias y variaciones en los crecimientos secundarios.

El sistema de identificación **Imaca** requiere imágenes tomadas con microscopio digital (Lupa Dino Lite), el cual toma imágenes con una resolución de 640 x 480 píxeles, tamaños que varían de acuerdo con la estructura anatómica que se va a utilizar para la respectiva identificación. Estas imágenes se logran principalmente sobre cortes transversales de la madera.

Otros aplicativos, como **Covima**, buscan procesar imágenes en sus planos transversal, radial y tangencial, e imágenes obtenidas con lupas 200X (Dino Lite).



Disposición de la información y su gestión

En los procesos de colecta de muestras de madera y colecta de muestras botánicas, es importante llegar a unos mínimos reglamentarios en la generación de información de las especies que se van a documentar; para esto, es importante adelantar mesas de trabajo con MinAmbiente y las demás instituciones interesadas en el almacenamiento de la información, a fin de dar claridad y generar acuerdos en el uso de esta. Los ejemplares de colecta botánica entran a conformar una colección de plantas (herbario), cuya información se encuentra sistematizada en la plataforma del SiB Colombia. A continuación, se describe el SiB y su importancia como gestor de información.

El SiB Colombia es la red nacional de datos abiertos sobre biodiversidad, iniciativa que nace con el Decreto 1603 de 1994² como parte del proceso de creación del Sistema Nacional Ambiental (SINA). Su principal propósito es brindar acceso abierto a información sobre la diversidad biológica del país, para la construcción de una sociedad sostenible. En el SiB Colombia participan cientos de organizaciones y personas que comparten datos e información, bajo los principios de libre acceso, transparencia, cooperación, reconocimiento y responsabilidad compartida³.

Dado que la misión del SiB es facilitar la gestión de datos e información sobre biodiversidad, para acercar a usuarios, publicadores y productores de información, es importante que las imágenes de las especies maderables generadas se incluyan en el sistema. De esta manera, se contribuye a consolidar esta plataforma colaborativa, fomentando la construcción, uso y democratización del conocimiento sobre la diversidad biológica de Colombia (en nuestro caso, el propósito es conocer las imágenes de los aspectos morfológicos de las especies maderables), y buscando que el modelo implementado sea de acceso abierto⁴.

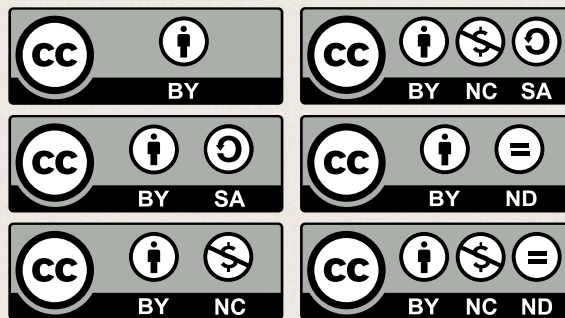
De otra parte, teniendo en cuenta que el propósito es la construcción de un banco de imágenes de las características anatómicas de las especies maderables, se debe garantizar a los creadores (o licenciarios) una serie de derechos sobre sus productos, para poder compartir y utilizar el contenido de forma gratuita.

Uno de los mejores modelos de contratos que permiten otorgar públicamente el derecho de utilizar las imágenes generadas y que se encuentran protegidas por los derechos de autor, son las licencias Creative Commons CC⁵, las cuales son herramientas legales que los creadores y otros titulares de derechos pueden usar para ofrecer ciertos derechos de uso al público, reservándose otros. Es importante



resaltar que entre menos restricciones implique una licencia, mayores serán las posibilidades de utilizar y distribuir un contenido.

Existen seis tipos de licencias CC, originados a partir de cuatro aspectos fundamentales, los cuales se exponen a continuación.



Fuente: <https://creativecommons.org/>

Atribución (BY): Para usar una obra en cualquier tipo de medio, es imprescindible citar al autor de forma explícita.

Compartir Igual (SA): Se puede usar una obra para crear otra, siempre y cuando ésta se publique con la misma licencia que la obra original.

No Derivadas (ND): Se puede usar una obra para cualquier cosa, siempre y cuando no se modifique. Un ejemplo sería: editar la foto de un cielo para añadir un avión pasando, o modificar la velocidad de un clip de audio.

No Comercial (NC): Se puede usar una obra para generar otra, siempre y cuando no se gane dinero con ella.

2. Decreto 1603 de 1994. "Por el cual se organizan y establecen los Institutos de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt", el Instituto Amazónico de Investigaciones "SINCHI" y el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico "John von Neumann".

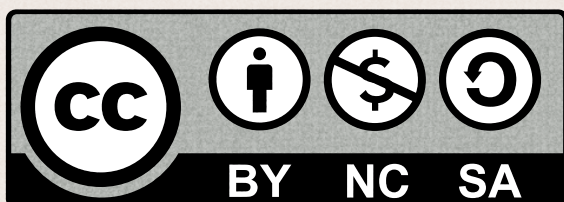
3. <https://biodiversidad.co/acercade/sib-colombia/>

4. Información adicional sobre los términos y condiciones de la política de uso de los datos del SiB, se encuentra en el siguiente link: <https://biodiversidad.co/terminos-y-condiciones/politica-de-uso>

5. <https://co.creativecommons.net/tipos-de-licencias/>



Para las imágenes generadas, se recomienda trabajarlas bajo una licencia Creative Commons Atribución/Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional.



Esto implica que la obra puede usarse y se debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. La licencia es No Comercial, por lo tanto, no se puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

Mediante el empleo de esta licencia, para las imágenes generadas se logra la construcción de conexiones y colaboraciones tanto a escala nacional como internacional, lo cual implica fortalecer la infraestructura abierta para el intercambio de conocimientos, promoviendo el acceso y la reutilización de obras creativas. Adicionalmente, se busca consolidar una visión del conocimiento como un bien público y un derecho humano, fomentando la reciprocidad y la

colaboración para resolver diversos desafíos frente al manejo de especies maderables en nuestro caso.

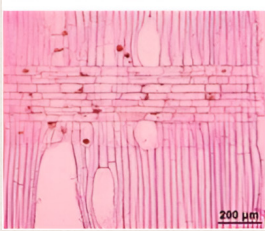
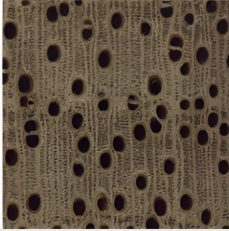
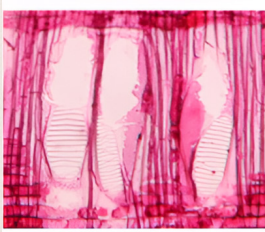
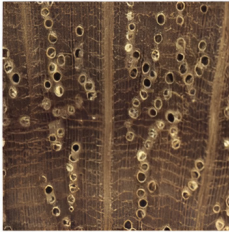
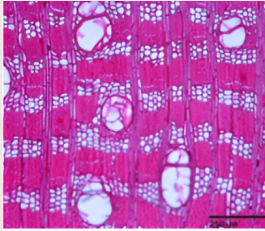
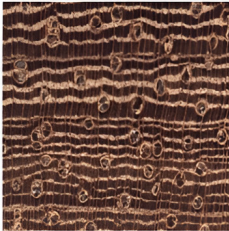
Diferenciados los actores que intervienen en el proceso, queda claro que las colecciones biológicas (probetas de madera o tarugos, según sea el caso, y muestras botánicas) deben estar resguardadas en xilotecas y herbarios de instituciones que promueven el estudio científico de las especies de flora, ya que constituyen el mejor lugar para la preservación del material; además, se deben vincular al RNC administrado por el IAvH.

Entre los requerimientos, se debe tener presente la información mínima (metadatos) con la que debe contar un ejemplar taxonómico que va con destino a una colección biológica (herbario o xiloteca). Para los ejemplares botánicos y de madera ya están establecidos los datos mínimos que deben acompañar al ejemplar, los cuales se describen más adelante. En lo que respecta a las imágenes obtenidas, se sabe que cada una es única. Es decir, cada imagen fotográfica posee sus propios datos, los cuales son conocidos como Exif⁶ (en inglés, Exchangeable image file format, o formato de archivo de imagen intercambiable). La información almacenada en cada imagen fotográfica facilita su clasificación y organización.

La tabla 3 presenta los datos mínimos (metadatos) solicitados por cada herbario o xiloteca, los cuales deben ir asociados a las muestras biológicas, así como los requeridos en las imágenes fotográficas generadas.

6. Exif es un estándar para incrustar metadatos técnicos que ofrecen información de un archivo fotográfico.

Tabla 3. Datos asociados a los ejemplares biológicos (muestra botánica, madera) e imagen

COLECCIÓN BIOLÓGICA		METADATOS
 Muestra botanica  Muestra de madera		1. País de colección 2. Familia 3. Género, especie y autor 4. Determinador y fecha de la determinación 5. Departamento 6. Municipio, corregimiento, vereda 7. Localidad y ecología 8. Coordenadas: latitud y longitud 9. Altura sobre el nivel del mar 10. Descripción de la planta 11. Fecha de colección 12. Colector 13. Número de colección 14. Nombre de la institución y la sigla 15. Número dentro de la colección 16. Nombre del proyecto
IMÁGENES FOTOGRÁFICAS		METADATOS
		1. Fecha de toma 2. Espécimen soporte (herbario o xiloteca) 3. Número del ejemplar dentro de la colección (herbario o xiloteca). Este identificador permite conocer aspectos del lugar donde se colectó la muestra asociados al ejemplar del cual proviene la imagen y sus características. 4. Dimensiones (p. ej.: 4000 x 2667) Ancho (p. ej.: 4000 píxeles) Alto (p.ej.: 2667 píxeles) 5. Resolución horizontal en DPI 6. Resolución vertical en DPI 7. Tipo de archivo (JPG, Tiff, PNG) 8. Fecha de toma 9. Balance de blanco 10. Altura de toma de la imagen miniatura 11. Distancia focal 12. Flash 13. Objeto 14. Tipo de cámara 15. Software utilizado 16. Instrumento de captura (p. ej.: Xylotron, Dino Line, etc.)



En las figuras 4 y 5 se observan los campos mínimos existentes en una base de datos de un herbario (en este ejemplo, el Herbario COAH), donde se registran aspectos como familia, género, especie, fecha de determinación, colector, número de colección, fecha de colección, entre otros. En la figura 5

se muestra en detalle una etiqueta diligenciada para un espécimen botánico, con la mínima información requerida. Es importante anotar que estos metadatos generalmente se documentan bajo el *software* de base de datos Specify⁷.

Figura 4. Ejemplar botánico *Clathrotropis nitida* procesado



Clathrotropis nitida (Benth.) Harms

Numero de herbario: 45281

Familia: FABACEACE

Genero: *Clathrotropis*

Especie: ***Clathrotropis nitida* (Benth.) Harms**

Determinó: None

Fecha de determinación: None

Colector: López-C., R. (López Camacho, René)

Numero del colector: 6188

Fecha de colección: 9 de Abril de 2000

Localización: cuenca del cñ. Aguablanquilla, tributario del río Alegría, en bosque alto (Tarapacá, AMAZONAS, Colombia)

Hábito: Árbol

Estado reproductivo: Infértil

Fuente: Herbario Amazónico Colombiano COAH.

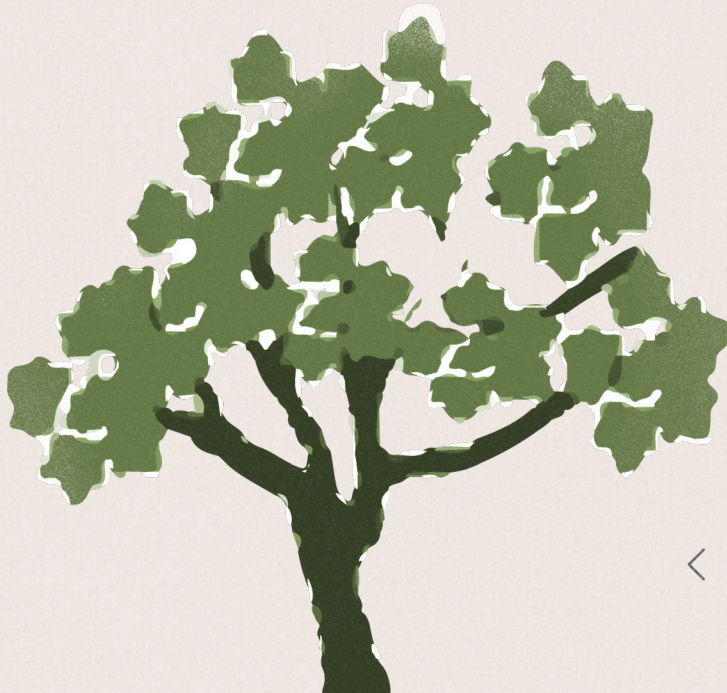
7. Plataforma de gestión de colecciones.



Figura 5. Etiqueta de herbario con los mínimos de información requeridos (parte superior); número de registro dentro del Herbario Forestal UDBC (parte inferior)

HERBARIO FORESTAL (UDBC) FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSE DE CALDAS"	
<i>Orphanodendron bernalii</i> Barneby & J.W.Grimes Det: R. López /2014	LEGUMINOSAE
COLOMBIA: Departamento del Antioquia, Municipio Vigía del Fuerte, Vereda Corregimiento de San Miguel, Sobre el Río Atrato, aguas abajo, margen derecha. Cuenca de la quebrada Nipundi en bosques con actividad extractiva de madera de especies de importancia comercial. Coordenadas: 06°30'25.74"N. 76°49'29.07"W Altitud: 12 m de altitud.	
Árbol de 20.0 m. de altura, altura comercial de 17.0 m. D.A.P. de 45 cm, copa irregular. Fuste recto, cilíndrico, acanalado hacia la base, aletones poco desarrollados. Madera dura, color amarillento quemado a café. Madera empleada para dummies estructuralmente muy bueno. N.V.: Tiratete	
R. López 15159 R. Gonzalez, E. Pulido & E. Mendes	Marzo 17 de 2013
 FORTALECIMIENTO EN EL PROCESO DE CONTROL AL COMERCIO DE LA MADERA EN LA JURISDICCION CAR, MEDIANTE LA GENERACION Y APLICACION DE UNA HERRAMIENTA Convenio 00806/2012 	

UNIVERSIDAD DISTRITAL "Francisco José de Caldas" CENTRO DE RECURSOS TERRESTRES Y FORESTALES	HERBARIO FORESTAL UDBC   UDBC 033081
HERBARIO FORESTAL UDBC 	



En la figura 6 se presenta el formato de ingreso de material al laboratorio de maderas y la xiloteca, donde se incluye información adicional a la solicitada en el herbario, como tipo de muestra, dimensiones, estado de conservación y observaciones. En la figura 7 se observan las diferentes muestras y etiquetas que ingresan a la xiloteca, manteniendo así la trazabilidad e información que se ingresa a la base de datos Specify.



Figura 6. Formato de ingreso de material a la xiloteca UDBC





FORMATO DE INGRESO DE MATERIAL AL LABORATORIO DE MADERAS

Fecha de ingreso: día 16 mes (8) año (2019) Hora: 2:54 pm

Persona que lo entrega: () Docente () Estudiante () Empresa (X) Particular (Artesanos)

Persona que recibe el material: Juan Felipe Sobrano G

Nombre del proyecto: Artesanos de Colombia

Tipo de Muestras	
Madera	X
Núcleos de Madera	
Lamina	
Otro	

Observaciones (Dimensiones, estado de conservación, cantidades)

Entrega de cinco muestras de madera, como parte del Convenio
Universidad Distrital - Artesanos de Colombia S.A.
Características

1. Nombre común: Mame, proveniente de Buenaventura, Bajo San Juan
Comunidad Wapona, Agua Clara. Dimensiones 12 cm x 7.5 cm x 90.5 cm
2. Nombre común: Orquídea. Origen San Jacinto (Bolívar), dimensiones
20 cm x 7 cm x 5.5 cm.
3. Nombre común: Balaurite o Colorado, proveniente de Turbaco (Bolívar)
de 13 cm x 15 cm x 9 cm.
4. Nombre común: Murto - proveniente de Puerto Nariño (Amazonas)
dimensiones 11 cm x 13 cm x 13 cm.
5. Taguari de Puerto Nariño (Amazonas), madera rallada de 12 cm x 12 cm.

Firma de quien entrega: [Firma]

Firma de quien recibe: Juan Felipe Sobrano G.

Laboratorio de Maderas
 Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales
 Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Figura 7. Ejemplares de etiqueta sobre madera





d) ramas,
determinados
en la colección
biológica de la
xiloteca UDBC



c) núcleos de
madera

Oportunidades para el fortalecimiento del Covima

Teniendo en cuenta que Covima cuenta con más de 50 especies de importancia forestal, y que una de sus funciones consiste en “controlar y verificar las especies forestales maderables que se comercializan y que provienen del bosque natural” (MinAmbiente, 2020), **SE RECOMIENDA ADELANTAR LA DOCUMENTACIÓN COMPLETA DE LAS IMÁGENES GENERADAS PARA LAS ESPECIES REGISTRADAS QUE HOY FORMAN PARTE DEL APLICATIVO.** Es decir, se debe garantizar un respaldo físico tanto de la muestra de madera como del espécimen botánico, ambos depositados en colecciones biológicas debidamente registradas, y asegurar que sus respectivos metadatos estén consignados en el SiB Colombia.





En el listado de especies de Covima se puede constatar que existen registros que se encuentran solo a nivel de determinación taxonómica de género, por ejemplo: *Tovomita* sp., *Licania* sp., *Guarea* sp., *Guatteria* sp., entre otros. Sin embargo, no se cuenta con información asociada a los registros de los ejemplares botánicos que respaldan estas imágenes y que debe estar depositado en una colección botánica; tampoco se cuenta con los metadatos de la muestra de madera y en cuál xiloteca se encuentra alojada dicha muestra o probeta. Es importante contar con este tipo de información, así como las muestras, pues son en el testigo que respalda la información asociada a las imágenes generadas.

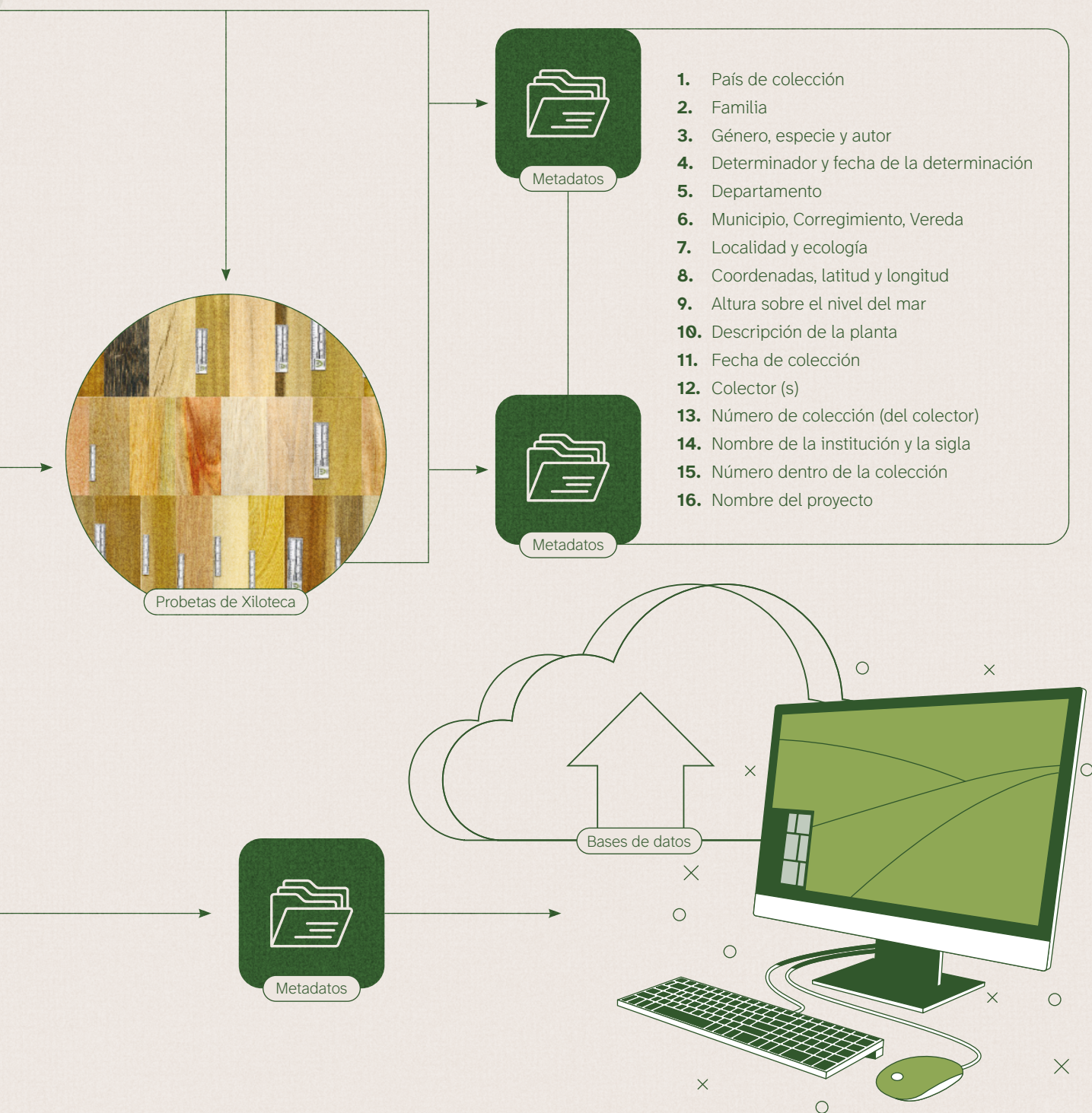
El Sistema de Información en Biodiversidad (SiB) adoptó el estándar Darwin Core (DwC) para documentar los registros biológicos, el cual es una extensión del estándar Dublin Core, que permite el intercambio efectivo de información sobre biodiversidad a escala global. El DwC se ha constituido en Colombia como un lenguaje común, que facilita la estandarización semántica y sintáctica de los contenidos relacionados con objetos de la biodiversidad. El estándar está compuesto por 175 elementos que permiten estructurar y estandarizar datos sobre registros biológicos, listas de especies y eventos de muestreo.

Por mandato de ley, el equipo coordinador del SiB se encuentra alojado en el IAvH, que es el encargado de asegurar la disponibilidad de información sobre la biodiversidad de Colombia, principalmente a través de procesos de gestión y coordinación interinstitucional. Por lo tanto, todos los aspectos relacionados con los metadatos de las imágenes fotográficas de madera, deberán estar alojados en el sistema del IAvH, utilizando las plantillas Darwin Core para la consignación estandarizada de la información relacionada con los especímenes colectados.

A modo de síntesis, la figura 8 presenta un esquema general con los requerimientos mínimos necesarios para garantizar la generación de imágenes con calidad en su información.

Figura 8. Esquema general de los mínimos requeridos para la generación de imágenes con calidad







Acuerdos institucionales

Los acuerdos institucionales son indispensables para tener claras las responsabilidades, roles, condiciones y compromisos frente al desarrollo de iniciativas o proyectos cuyo fin sea la identificación de maderas. Tal es el caso del impulso a herramientas como Xylotron, Covima, Imaca y otros que actualmente se fomentan, como es el caso de Xylorix⁸ (Wiedenhoeft, 2020) y MaderApp (Ramos, 2023).

Estos acuerdos permiten:

- ▶ Diferenciar y delimitar los alcances de cada institución y del personal técnico participante.
- ▶ Asignar las actividades que deben desarrollar.
- ▶ Definir metas, indicadores y cronogramas que aseguren la trazabilidad de los procesos.
- ▶ Garantizar la sostenibilidad y uso responsable del material biológico y la información generada.

Estos acuerdos deben quedar suscritos en convenios de cooperación, actas de compromisos interinstitucionales u otros instrumentos que surjan del consenso entre las partes, como forma de validación de los compromisos adquiridos por las partes interesadas.

En la arquitectura de la gobernanza también deben establecerse compromisos, como el de los herbarios y xilotecas, para salvaguardar las colecciones biológicas que se originen de procesos de muestreo en distintas regiones del país.

8. Mayor información disponible en: <https://www.xylorix.com/>



Derechos y propiedad intelectual

Entre los derechos digitales, que no son más que una extensión de los derechos establecidos en la Declaración Universal de los Derechos Humanos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), pero aplicados al mundo *online*, se tiene contemplado lo correspondiente a propiedad intelectual; es decir, se debe garantizar:

- ▶ El reconocimiento de los autores sobre su obra artística o literaria.
- ▶ El derecho a ser remunerados por su uso.
- ▶ El libre acceso a las obras que ya sean de dominio público.

El derecho a la información —constitucionalmente reconocido— es el derecho que tiene toda persona de buscar, recibir y difundir información. Las Naciones Unidas, en una de sus primeras asambleas generales, afirmó que “la libertad de información es un derecho fundamental y (...) la piedra angular de todas las libertades a las que están consagradas las Naciones Unidas”. Es decir, es un derecho instrumental que puede ser utilizado para garantizar el cumplimiento de otros derechos esenciales del ser humano. En 2019, la 74.^a Asamblea General de la ONU proclamó el 28 de septiembre como el Día Internacional para el Acceso Universal a la Información (IDUAI)⁹.

9. Mayor información se encuentra disponible en: <https://www.un.org/es/ga/74/resolutions.shtml>

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) también aboga por el acceso a la información como una libertad fundamental y un pilar clave en la construcción de sociedades del conocimiento inclusivas. Esta organización promueve los derechos y valores señalados en el artículo 19 de la Declaración Universal de Derechos Humanos. Tener acceso a la información es parte integrante de la libertad de expresión y se constituye en un instrumento fundamental para promover el estado de derecho u otros derechos, a fin de fomentar la confianza. Es un facilitador del desarrollo sostenible en ámbitos como la salud, el medio ambiente, la lucha contra la pobreza y la lucha contra la corrupción.¹⁰

En Colombia, la Ley 2294 del 19 de mayo de 2023, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, Potencia Mundial de la Vida”, en su artículo 171 Democratización de la ciencia a través del acceso a resultados derivados de investigación financiada con recursos públicos, establece:

Artículo 171. Con el propósito de fomentar la Ciencia Abierta en Colombia, quien con recursos públicos adelante o ejecute proyectos de investigación y desarrollo de ciencia, tecnología e innovación, se obliga a poner a disposición de la ciudadanía los resultados, productos, publicaciones y datos derivados de la investigación a través de infraestructuras y sistemas de información científicos estandarizados e interoperables que garanticen el acceso a los resultados científicos, tecnológicos e innovación del país.

En aquellos eventos en que no sea posible la publicación de los resultados, productos, publicaciones y datos derivados de la investigación anteriormente descritos por su naturaleza, efectos frente a derechos de propiedad intelectual propios o de terceros, relación con datos personales y/o estadísticos sujetos a reserva, o según lo dispuesto en la ley de transparencia y del derecho de acceso a la información pública nacional, se deberán justificar ante la entidad financiadora los motivos que impiden dicha publicación. Todo lo anterior, de conformidad con la Política Nacional de Ciencia Abierta del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación o aquella que la modifique o sustituya.

Bajo este marco normativo, la información generada para la identificación de especies maderables en Colombia se debe regir de conformidad con la Política Nacional de Ciencia Abierta, más aún cuando es una herramienta que se espera sea de uso y utilidad para las autoridades ambientales, en cabeza de MinAmbiente, productores y empresas forestales, entre otros. Desde el inicio, al igual que en los acuerdos, se deberá establecer la forma en que las instituciones garantizarán su participación, respetando y reconociendo el trabajo realizado en cada una de las fases, para la incorporación de nuevas especies en los sistemas de identificación automatizada existente y las nuevas que surjan.

La generación de información y su uso, enmarcado en lo expresado en el concepto de ciencia abierta, es un enfoque que promueve la transparencia, el acceso libre y la colaboración en la investigación científica. En este contexto, los derechos y la propiedad intelectual deben ser vistos bajo cinco grandes ejes de trabajo: (i) acceso abierto, (ii) compartimiento de datos, (iii) colaboración y cocreación, (iv) innovación y transferencia de tecnología, y (v) ética y responsabilidad.



10. Mayor información se encuentra disponible en: <https://www.unesco.org/es/right-information#>:



Acceso abierto

El acceso abierto, bajo la mirada de Minciencias, busca fomentar **el acceso libre y sin restricciones a la información y conocimiento científico**, como un derecho fundamental de los ciudadanos, en el contexto de la sociedad de la información y el conocimiento, impulsado por la aceleración tecnológica actual.

Es así como desde la Política Nacional de Ciencia Abierta 2022-2031, se definió que “las publicaciones científicas surgidas en la investigación financiada con recursos públicos deban contar con características de apertura de acuerdo con las condiciones de cada investigación y siempre que sea posible” (Minciencias, 2022).

Hoy, la Red Colombiana de Información Científica¹¹ busca promover y fortalecer el acceso a publicaciones científicas del componente Conocimiento Científico Abierto. Este eje tiene como propósitos fundamentales:

- ▶ Promocionar y fortalecer los repositorios de investigación abiertos.
- ▶ Fortalecer las capacidades de gestión y recuperación de la producción científica nacional.
- ▶ Participar en iniciativas nacionales e internacionales de intercambio de información científica, tales como la Red de Repositorios de Acceso Abierto a la Ciencia Abierta¹².

Bajo este esquema, la información generada dentro del modelo de gobernanza debe apuntar a:

- ▶ Fortalecer las capacidades de los equipos que gestionan la información científica.
- ▶ Recuperar y almacenar la producción científica.
- ▶ Apoyar la formación, capacitación y divulgación de la ciencia abierta, la apropiación social del conocimiento, la producción científica en acceso abierto y la propiedad intelectual.

11. Mayor información disponible en: <https://redcol.minciencias.gov.co/>

12. Mayor información disponible en: <https://www.lareferencia.info/es/>

13. La guía FAIR es una serie de principios que orientan la gestión de datos de investigación, para que sean fáciles de encontrar, accesibles, interoperables y reutilizables.

14. En español: “localizable”, “fácil de encontrar” o “encontrable”.

Compartimiento datos

Los datos generados deben:

- ▶ Cumplir con los principios de la guía FAIR¹³ (*Findable*¹⁴, Accesible, Interoperable, Reutilizable) para su gestión.
- ▶ Generar directrices que permitan mejorar la encontrabilidad, la accesibilidad, la interoperabilidad y la reutilización de los datos generados.

Encontrabilidad: Para (re)utilizar datos, es fundamental encontrarlos. En este contexto, se deben encontrar tanto las imágenes como los metadatos asociados, los cuales deben ser fácilmente localizables, tanto por personas como por sistemas informáticos. Los metadatos legibles por máquina son esenciales para el descubrimiento automático de conjuntos de datos y servicios, por lo que este es un componente esencial del proceso FAIR.

Accesibilidad: Los metadatos asociados a las imágenes deben contar con un identificador globalmente único y persistente (por ejemplo, los números de colección asociados a colecciones biológicas integradas en sistemas de información, como el SiB Colombia). Las imágenes deben ir acompañadas de datos descritos con metadatos ricos, es decir, que incluyan identificadores claros y explícitos que permitan que sean registrados o indexados en recursos accesibles. Esto garantiza que, una vez el usuario encuentre los datos requeridos (por ejemplo, a imágenes de especies de un género de importancia maderable), pueda acceder a ellos mediante un proceso de autenticación y autorización, cuando así se requiera.

Interoperabilidad: La estandarización de metadatos (como nombre científico validado, número de *voucher* de los especímenes botánicos que respaldan las imágenes, y ubicación) permite que la información asociada a las imágenes sea interoperable con otras aplicaciones; de esta manera se pueden garantizar los flujos de trabajo que permitan el análisis, almacenamiento y procesamiento de la información en múltiples plataformas.

Reutilización: Los metadatos estandarizados y bien descritos permiten que la información pueda ser replicada, integrada y aplicada en diferentes contextos científicos y técnicos. En el caso

específico de las imágenes de madera, es posible reutilizar los datos para análisis en estudios de ecología funcional, o para análisis morfológicos que pueden contribuir al fortalecimiento de bases de datos como Try Plant Trait Database¹⁵, International Association of Wood Anatomists (IAWA)¹⁶ y la convención CITES¹⁷, entre otras.

Colaboración y cocreación

El modelo de ciencia abierta promueve la colaboración entre investigadores, ciudadanos, instituciones y comunidades, en el proceso de investigación y entre diferentes disciplinas, lo que permite enriquecer la investigación y abordar problemas complejos desde múltiples perspectivas. La integración de imágenes de maderas a diversas plataformas y redes, facilita la comunicación entre investigadores y usuarios, fomentando el intercambio de ideas, recursos y datos. Este modelo también contribuye a la generación de proyectos de investigación colaborativos entre universidades, centros de investigación y la industria, que pueden resultar en innovaciones significativas.

Para la cocreación es importante contar con una activa participación ciudadana, e involucrar a la comunidad y al público en general en la investigación, lo que permite captar perspectivas valiosas y aumentar la relevancia social de la información generada para la formulación de nuevos proyectos y consolidación de la gobernanza de la información. Por ejemplo, a través de la cocreación, los investigadores y las comunidades pueden colaborar en el desarrollo de soluciones prácticas a problemas locales, como es el seguimiento a los aprovechamientos y el transporte de maderas a escala regional.

Con la colaboración y la cocreación se logra promover un entorno más transparente, donde los procesos y resultados sean más accesibles para todos.

Innovación y transferencia de tecnología

La ciencia abierta puede acelerar la innovación, pero también plantea desafíos para la comercialización de descubrimientos. Mediante la visibilidad de la investigación y la publicación de resultados en acceso abierto, se logra aumentar la visibilidad de la investigación, lo que permite facilitar su identificación por parte de diferentes actores, como son las empresas interesadas en el sector forestal.

Ética y responsabilidad

Es esencial que los investigadores consideren la ética en la gestión de la información, asegurando que la apertura no comprometa la integridad de la investigación ni el reconocimiento a las contribuciones. La ética y la responsabilidad son fundamentales para garantizar el éxito de la ciencia abierta. Por lo tanto, es necesario establecer normas y estándares claros, así como promover una cultura de transparencia y colaboración. Al hacerlo, se pueden aprovechar al máximo los beneficios de la ciencia abierta, y construir un uso más justo y equitativo de la información generada.

Se reconoce que la ciencia abierta transforma la manera en que se gestionan los derechos y la propiedad intelectual; por ello, es fundamental aplicar políticas y marcos normativos que aborden estos desafíos, garantizando, al mismo tiempo, la protección adecuada de los derechos de los investigadores y la promoción de un acceso equitativo al conocimiento.

La ciencia abierta, al democratizar el acceso al conocimiento científico, plantea nuevos desafíos éticos y responsabilidades. La libre circulación de datos y resultados de investigación exige una reflexión profunda sobre cómo garantizar: (i) la integridad científica, (ii) la transparencia, (iii) el uso responsable de la información, (iv) la privacidad y protección de datos, (v) la anonimización, y (vi) el consentimiento informado.

15. Mayor información disponible en: <https://www.try-db.org/TryWeb/Home.php>

16. Mayor información disponible en: <https://www.iawa-website2.org/>

17. Mayor información disponible en: <https://cites.org/esp/node/133881>



Integridad científica: La veracidad de la información es fundamental, es decir, los datos registrados y los resultados deben ser auténticos y reflejar fielmente la realidad. Por ejemplo, cuando se asigna el nombre científico a una imagen de madera, este debe estar validado y respaldado por un ejemplar depositado en una colección biológica debidamente registrada.

Transparencia: Los métodos y los procesos de investigación bajo los cuales se genera información deben ser claros y replicables.

Uso responsable: Los investigadores deben ser responsables de garantizar la calidad de su trabajo y de asumir las consecuencias derivadas de su difusión.

Privacidad y protección de datos: Definir qué información es privada, o cuál debe considerarse confidencial o sujeta a protección. Por ejemplo: algunos metadatos de muchas especies que hoy se encuentran en una categoría alta de amenaza requieren protección de información para evitar riesgos asociados a su explotación ilegal (p. ej.: grupos de especies de la familia Magnoliaceae o algunos de las familias Meliaceae, Lecythidaceae, Fabaceae y Lauraceae).

Anonimización: Al compartir datos, especialmente aquellos que involucren información personal o sensible, es crucial garantizar la protección de la privacidad de las personas involucradas.

Consentimiento informado: Los participantes en investigaciones deben dar su consentimiento informado para el uso de sus datos.

En cuanto a la propiedad intelectual, es importante tener presente la atribución. Los autores deben ser debidamente citados y reconocidos por su trabajo. Asimismo, en los procesos de reutilización de datos y resultados, se deben respetar los derechos de autor y las licencias correspondientes.



En síntesis, la ciencia abierta ofrece grandes oportunidades para acelerar la investigación, fomentar la colaboración y mejorar la calidad de la ciencia; sin embargo, también plantea desafíos importantes, como la protección de la propiedad intelectual, la prevención del plagio y la gestión de grandes volúmenes de datos.

5 Referencias

- Cano-Sáenz, D. A., Ordóñez-Urbano, C. F., Gaitán-Mesa, H. R., & Vargas-Cañas, R. (2022). Tropical Wood Species Recognition: A Dataset of Macroscopic Images. *Data*, 7(8), 111. <https://doi.org/10.3390/data7080111>
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. 22 de diciembre de 1993. Diario Oficial. Año CXXIX. 41146. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-99-1993.pdf>
- Congreso de la República de Colombia. (2021). Ley 2162. Por medio de la cual se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y se dictan otras disposiciones. 6 de diciembre de 2021. Diario Oficial. Año CLVII 51.880.
- Congreso de la República de Colombia. (2023). Ley 2294. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, Potencia Mundial de la Vida”. 19 de mayo de 2023. Diario Oficial 52400.
- Creative Commons. (s.f.). *Licencias*. <https://co.creativecommons.net/tipos-de-licencias/>
- Donaldson, A., & Walker, P. (2004). Information governance - A view from the NHS. *International Journal of Medical Informatics*, 73(3), 281-284. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2003.11.009>
- Gutiérrez, G. y Ricker, M. (2013). *Manual para tomar virutas de madera con el barreno de Pressler en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Hulme, T. (2012). Information Governance: Sharing the IBM approach. *Business Information Review*, 29(2), 99-104. <https://doi.org/10.1177/0266382112449221>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MinAmbiente]. (2020). App Covima. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/temas-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemas/4546-app-covima>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [MinCiencias]. (2019). *Misión de Sabios Colombia*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/libro_mision_de_sabios_digital_1_2_0.pdf
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [MinCiencias]. (2022). Resolución 0777. Por la cual se adopta la Política Nacional de Ciencia Abierta 2022-2031 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. 03 de agosto de 2022. Diario Oficial 52.243.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MinTic]. (2019). Guía para el uso y aprovechamiento de Datos Abiertos en Colombia - modificaciones de diagramación. versión 5. 41 pg. <https://herramientas.datos.gov.co/sites/default/files/Guia%20de%20Datos%20Abiertos%20de%20Colombia.pdf>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [MinTic]. (2023). *Guía dominio. MGGTI.G.SI - Gestión de Sistemas Información*. chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mintic.gov.co/arquitecturaempresarial/630/articulos-237662_recurso_1.pdf

- Ordóñez-Urbano, C. F., Vargas-Cañas, R., & Díaz-Mariño, N. (2023). *IMACA – Automated wood identification system of Colombian timber species using convolutional neural networks* (Version 1). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3640320/v1>
- Organización de los Estados Americanos [OEA]. (25 de junio de 1998). *Convenio de Aarhus. Convenio sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente*. https://www.oas.org/es/sla/ddi/docs/acceso_informacion_desarrollos_convenio_aarhus.pdf
- Parra, C. y Díaz-Piedrahita, S. (2016). *Herbarios y jardines botánicos. Testimonio de nuestra biodiversidad* (n.º 32). Jardín Botánico José Celestino Mutis.
- Presidencia de la República de Colombia. (2011). Decreto 3570. Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 27 de septiembre de 2011. Diario Oficial. Año CXLVII. 48205.
- Quesada, C., Baena, L. Linares, E. y Morales, C. (1998). Los herbarios como centros de documentación para el estudio y conservación de la biodiversidad. En *Actas del Encuentro Medioambiental Almeriense: en busca de soluciones, Biodiversidad* (pp. 146- 155). Universidad de Almería, España.
- Ramos, E. (2023). *Identificación de las ventajas del aplicativo móvil Maderapp y su contribución a la transparencia en el control forestal de madera en la selva central-Junín, 2022* [Tesis de maestría en Gerencia Pública, Universidad Continental, Lima, Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/12600>
- Ravindran P., Thompson B. J., Soares R. K., & Wiedenhoeft, A. C. (2020). The XyloTron: Flexible, Open-Source, Image-Based Macroscopic Field Identification of Wood Products. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1-8. Artículo 1015. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01015>
- Rivero, R., Martínez, C. A. y Rodríguez, Y. (2018). Comportamiento de la producción científica sobre gobernanza de la información en WoS y Scopus. Primer acercamiento. *Alcance*, 7(18), 112-137. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2411-99702018000300112&lng=es&tlng=es
- Salgado-Negret, B., Pulido-Rodríguez, N., Cabrera, M., Osorio, C. y Paz, H. (2015). Protocolo para la medición de rasgos funcionales en plantas. En B. Salgado-Negret (ed.), *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones* (pp. 36-79). Instituto Alexander von Humboldt.
- Schmitz, N. (ed.), Beeckman, H., Blanc-Jolivet, C., Boeschoten, L., Braga, J., Cabezas, J. A., Chaix, G., Crameri, S., Degen, B., Deklerck, V., Dormontt, E., Espinoza, E., Gasson, P., Haag, V., Helmling, S., Horacek, M., Koch, G., Lancaster, C., Lens, F... Zuidema, P. (2020). *Overview of current practices in data analysis for wood identification-A guide for the different timber tracking methods*. Global Timber Tracking Network (GTTN), European Forest Institute and Thünen Institute. doi: 10.13140/RG.2.2.21518.79689
- Silva, J. L., Bordalo, R., Pissarra, J., & Palacios, P. de (2022). Computer Vision-Based Wood Identification: A Review. *Forests*, 13(2), 2041. <https://doi.org/10.3390/f13122041>
- Soma, K., Termeer, C., & Opdam, P. (2016). Informational governance – A systematic literature review of governance for sustainability in the Information Age. *Environmental Science* (56), 89-99. doi: 10.1016/j.envsci.2015.11.006
- Tallon, P. P., Ramírez, R. V., & Short, J. E. (2013). The Information Artifact in IT Governance: Toward a Theory of Information Governance. *Journal of Management Information Systems*, 30(3), 141-178. doi: 10.2753/MIS0742-1222300306
- Vásquez-Correa, A. M. (2017). Xilotecas, importantes colecciones de referencia. *Colombia Forestal*, 20(2), 192-201 <https://doi.org/10.14483/uidistrital.jour.colomb.for.2017.2.a08>
- Wiedenhoeft, A. C. (2020). The XyloPhone: toward democratizing access to high-quality macroscopic imaging for wood and other substrates. *IAWA Journal*, 41(4), 699-719. <https://doi.org/10.1163/22941932-bja10043>

Anexo A. Diccionario de datos

A continuación se presenta una breve definición de los metadatos definidos y recomendaciones de la forma de registrar cada ítem.

1. País de colección

Este metadato permite identificar la ubicación geográfica general en la que se colectó el material botánico (muestra o probeta de madera), la cual es crucial para diversos estudios.

La estructura sugerida es escribir el nombre completo del país (p. ej.: Colombia, México, Brasil) y el código de país de tres letras, según la norma ISO 3166-1 alfa 3; para nuestro ejemplo anterior: COL, MEX, BRA.

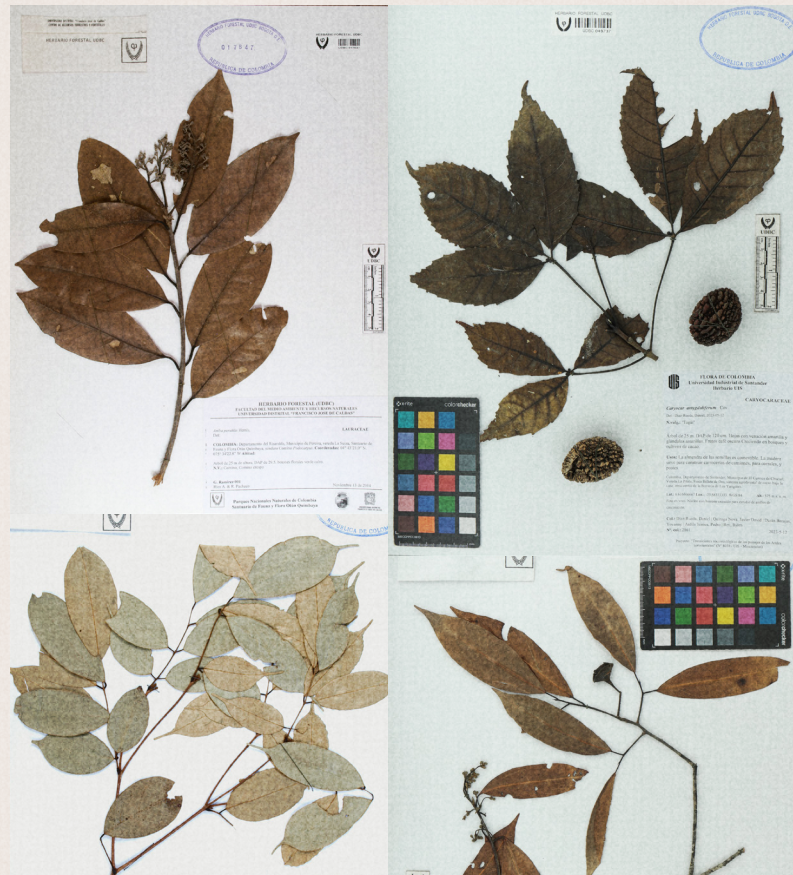
2. Familia

Hace referencia a la **familia taxonómica** a la que pertenece la muestra colectada. Este factor es esencial para organizar la información biológica y facilitar la búsqueda de especies dentro de la base de datos. En el sistema de clasificación taxonómica, la familia es un nivel jerárquico superior a los géneros y especies.

La estructura sugerida es escribir el nombre completo de la familia (p. ej.: Lauraceae, Fabaceae, Meliaceae). Se sigue la clasificación del Grupo para la Filogenia de las Angiospermas (APG, del inglés Angiosperm Phylogeny Group), el cual puede ser consultado en <https://www.mobot.org/mobot/research/APweb/>, donde los nombres de las familias botánicas están actualizados. Se recomienda usar el nombre científico de la familia, preferentemente con la ortografía correcta en latín, para mantener la consistencia y evitar ambigüedades. El Catalogue of Life y el Global Biodiversity Information Facility (GBIF - <https://www.gbif.org/>) pueden ser de gran utilidad para asegurarse de que el nombre de la familia esté actualizado y sea aceptado internacionalmente.

3. Género, especie y autor

El metadato **especie de la colección** es uno de los más importantes para la catalogación de imágenes, ya que proporciona el nombre científico preciso del espécimen colectado, el cual corresponde al segundo componente del nombre binomial en la clasificación taxonómica, conformado por el género seguido de la especie, ambos en cursiva (p.



ej.: *Cedrela odorata* o *Quercus humboldtii*). También puede incluir el nombre del autor que describió la especie (p. ej.: *Cedrela odorata* L., *Quercus humboldtii* Bonpl); esto permite identificar el espécimen de manera única dentro del género correspondiente.

Los nombres científicos deben poseer una validación de su identificación, de ahí que sea necesario seguir un proceso de validación y verificación, mediante revisiones bibliográficas, comparación con muestras tipo o la consulta a expertos taxonómicos. La correcta identificación de la especie es esencial, ya que así se puede contar con información de buena calidad.

Los nombres de las especies deben estar actualizados y basados en los estudios taxonómicos más recientes, ya que las especies pueden ser reclasificadas, y los nombres científicos pueden cambiar debido a nuevas investigaciones sistemáticas. En las bases de datos, expuestas en sitios web recomendados para consulta de aspectos relacionados con plantas, se pueden verificar estos nombres.



4. Determinador y fecha de la determinación

Proporciona información sobre quién y cuándo se realizó la identificación taxonómica de los ejemplares biológicos (material botánico, muestra o probeta de madera). Estos metadatos garantizan la trazabilidad de la identificación y permiten la verificación del trabajo de identificación, en caso de duda o revisiones taxonómicas futuras.

El determinador es el nombre de la persona o institución que identificó la especie, con el formato adecuado de apellido(s) y nombre(s). Con respecto a la fecha de determinación, se recomienda registrar en formato de fecha estándar (DD/MM/AAAA). Este campo se puede diligenciar de la siguiente manera: “Pulido, Esperanza” “Laboratorio de Maderas UDFJC”. Fecha de determinación: “05/11/2024”.

18. En Colombia se sigue lo establecido por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

5. Departamento

Un departamento es una división administrativa similar a una provincia o región. Se incluye en el registro para identificar la localización más precisa donde se ha recolectado un espécimen biológico dentro de un país, sobre el cual se han obtenido las imágenes. Este dato ayuda a organizar la información de localización de manera más detallada que solo nombrar el país, ítem que ya se describió.

La estructura sugerida es escribir el nombre del departamento o división administrativa, tal como es reconocido en el contexto geográfico del país¹⁸. También se pueden usar los códigos del sistema de codificación para los departamentos. La información precisa sobre la ubicación es relevante para estudios de ecología, distribución geográfica y conservación.

Es importante asegurarse de que el nombre del departamento esté bien escrito y sea consistente con las divisiones administrativas del país. Los nombres deben seguir las convenciones geográficas oficiales del país, para evitar confusiones.

6. Municipio, corregimiento, vereda

Son metadatos importantes para la localización precisa de las colectas, y deben ser registrados de acuerdo con las normas geográficas oficiales y las convenciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), lo cual permite garantizar la exactitud y consistencia de la información.

La estructura sugerida es registrar el nombre de manera precisa, siguiendo la nomenclatura oficial establecida en el país. En Colombia, si se utiliza un código DANE, es necesario cerciorarse de que sea el correcto para el municipio correspondiente. En el caso de los corregimientos y las veredas, se registran de manera similar a los municipios, con su nombre o código DANE, si este aplica. En zonas rurales, la vereda es el nivel más específico de localización. Si la vereda no está registrada o no aplica, se puede omitir este campo o usar “No aplica”.

El código DANE se asigna a cada municipio, corregimiento y vereda, y puede ser utilizado para evitar ambigüedades en los nombres comunes. En caso de compartir los datos entre colecciones o plataformas, es importante asegurarse de que los nombres y códigos de las divisiones geográficas sean consistentes, para facilitar la comparación y el análisis de la información.

7. Localidad y ecología

En una base de datos de colecciones biológicas, el metadato localidad se refiere a la ubicación geográfica precisa (pueblo, ciudad, región, finca, microcuenca, etc.) donde se recolectó el ejemplar. Generalmente, se detalla con una combinación de nombre de la localidad, coordenadas geográficas (latitud y longitud) y otros detalles relacionados con el entorno geográfico. Los aspectos ecológicos permiten a los investigadores comprender mejor las condiciones en donde se desarrolla la especie y su distribución.

8. Coordenadas: latitud y longitud

La tabulación de las coordenadas geográficas como metadatos es esencial en las colecciones biológicas y otras bases de datos que requieren la localización precisa de los ejemplares o datos de recolección. Las coordenadas geográficas son una forma estandarizada de representar la latitud y la longitud de un punto en la superficie terrestre. Existen varias formas de tabular estas coordenadas, dependiendo de la precisión y el formato que se desee utilizar; los más frecuentes son:

- *Formato decimal (Decimal Degrees, DD)*: Uno de los más utilizados y ampliamente aceptados en bases de datos geográficas y biológicas. Las coordenadas se expresan en grados decimales, lo que facilita su almacenamiento y análisis en bases de datos y sistemas de información geográfica (SIG).

- *Formato de la latitud* es un valor decimal entre -90 y 90 (con signos negativos para el hemisferio sur), y para la longitud, un valor decimal entre -180 y 180 (con signos negativos para el hemisferio occidental). Por ejemplo: coordenadas completas: 4.6097, -74.0818 (Bogotá, Colombia). Se recomienda este formato para los metadatos relacionados con los especímenes de los cuales obtenemos imágenes.

Además de las coordenadas geográficas, se debe especificar el sistema de proyección y el geoide o sistema de referencia geodésico utilizado.

9. Altura sobre el nivel del mar

La altitud en metros sobre el nivel del mar es un metadato relevante para algunas especies, en especial en algunos grupos en donde la altitud puede influir en la distribución de especies (como las del género *Weinmannia*, *Drymis*, *Polylepis*, *Rhizophora*, entre otras). El formato se presenta en metros de altitud (p. ej.: 2500 m de altitud).

10. Descripción de la planta

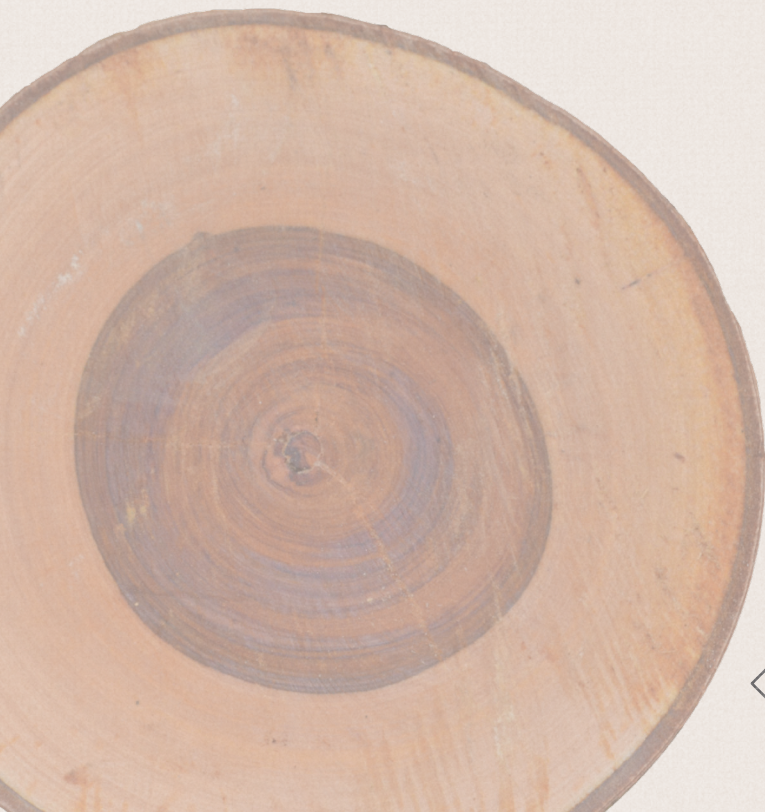
Hace referencia a aspectos como el hábito de la especie y medidas relacionadas con la altura y otros caracteres que se pueden perder en el momento de la toma de la muestra. Se recomiendan las descripciones establecidas para los especímenes botánicos, como muestra la figura 5.

11. Fecha de colección

Corresponde a la fecha en la cual se realizó la colecta del espécimen (muestra botánica o de madera). Se recomienda registrar en formato de fecha estándar (DD/MM/AAAA).

12. Colector(es)

Hace referencia al nombre y apellido de la(s) persona(s) responsable(s) que efectuaron la colecta y el procesamiento en campo del espécimen vegetal que permitió la posterior toma de imágenes, lo cual es fundamental para la veracidad de la información de la muestra. En investigaciones científicas, el nombre del colector es necesario para verificar la procedencia y el contexto de la muestra. A modo de ejemplo, en la figura 5 (etiqueta de herbario) se puede observar cómo se registran las personas involucradas en la





colecta. Se recalca que la persona que encabeza el listado es el directo responsable de la muestra.

Este metadato es información clave que acompaña a cada muestra biológica, permitiendo asegurar su trazabilidad, validez y utilidad en la investigación científica y calidad de la información.

13. Número de colección

El número de colección permite contar con un rastreo único, debido a que cada uno identifica unívocamente a un espécimen dentro de una colección. Este número es esencial para evitar confusión entre especímenes similares, y para asegurar que cada muestra pueda ser localizada y consultada fácilmente. Asimismo, es importante porque constituye un enlace a datos complementarios; es decir, el número de colección está asociado a otros metadatos, como la ubicación exacta de la recolección, la fecha, las condiciones ecológicas, entre otros, los cuales ya se han descrito. Esto ayuda a reconstruir el contexto completo de la muestra. El número de colección también facilita la interoperabilidad; es decir, en el contexto de manejo de información, este número permite que instituciones o investigadores puedan compartir y comparar información sobre los mismos especímenes, de una forma eficiente y estandarizada. A modo de ejemplo, en la figura 5 (etiqueta de herbario) se puede observar el número de colección: **R. López 15159**.

14. Nombre de la institución y la sigla

Las colecciones biológicas suelen estar asociadas a listados generales de registros de colecciones. En Colombia existe el Registro Nacional de Colecciones Biológicas (RNC), que es un instrumento que busca consolidar y difundir la información básica sobre las colecciones biológicas del país. Es administrado por el IAvH, de acuerdo con lo establecido en los decretos 309 de 2000 y 1375 de 2013, actualmente

consolidados en el Decreto 1076 de 2015. Cada colección registrada en el RNC está asociada a una institución, y generalmente, la colección cuenta con un acrónimo o sigla que permite identificarla a escala mundial, como sucede con los herbarios. Por ejemplo, el acrónimo del Herbario Forestal es UDBC, y el del Herbario Nacional Colombiano es COL. Es importante contar con el nombre de la institución, ya que esto permite identificar dónde se encuentra depositado el espécimen que respalda la obtención de las imágenes.

El formato establecido es el nombre de la institución, con su respectivo acrónimo (p. ej.: Herbario Forestal UDBC). A modo de ejemplo, en la figura 5 se ve el nombre de la institución en el encabezado de la etiqueta de herbario.

15. Número dentro de la colección

Cada espécimen, una vez depositado en una colección biológica, entra a formar parte de dicha colección, por lo cual se le asigna un número de registro, que es único. A modo de ejemplo, en la figura 5 (etiqueta de herbario) se puede observar que el número de registro es **UDBC 033081**.

16. Nombre del proyecto

Es recomendable indicar el nombre del proyecto bajo el cual fueron colectados los especímenes. Esta información es útil debido a que los usuarios pueden acceder a mayor información, contenida en publicaciones originadas de estas colectas (libros, manuales, artículos científicos, etc.) A modo de ejemplo, en la figura 5 (etiqueta de herbario), el espécimen colectado se encuentra asociado a un convenio entre la Universidad Distrital y la CAR, el cual dio origen a la publicación *Maderas. Especies comercializadas en el territorio CAR: Guía para su identificación*.



Ambiente



ISBN: 978-628-96330-5-4



9 786289 633054



En alianza con:



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS