

## Los árboles, su función ecológica y su diversidad en Bolivia



## EDICIONES

Fundación Patiño

## DIRECTOR

José Baudoin H.

## EDITOR CIENTÍFICO

Damián I. Rumiz

## GESTIÓN EDITORIAL

Alejandra Arteaga

## AUTORES DE LA SÍNTESIS

A. Alcibiades Angulo - Andira - Colectivo Árbol,  
Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado  
Damián I. Rumiz – Fundación Patiño,  
Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado

## REVISIÓN

Margoth Atahuachi Burgos – Herbario Martín Cárdenas  
Centro de Biodiversidad y Genética, UMSS

## PORTADA

Raíces tabulares de un mapajo *Ceiba pentandra* en el bosque amazónico (Beatriz Nieto)

## CONTRATAPA

**Arriba:** Frutos alados de quebracho colorado *Schinopsis lorentzii* (D.I. Rumiz); y flores amarillas de *Erythrina* sp., fuente de néctar para la fauna (Andira)

**Abajo:** Bosque amazónico con palmeras *Socratea* sp. (Beatriz Nieto) y corteza de toborochi *Ceiba chodatii* con agujijones (D.I. Rumiz)

## DISEÑO GRÁFICO

Sandra P. Heredia A.

## CONTENIDO

### LOS ÁRBOLES, SU FUNCIÓN ECOLÓGICA Y SU DIVERSIDAD EN BOLIVIA

Introducción .....	1
¿Qué son los árboles? .....	2
Historia evolutiva y clasificación de los árboles .....	3
Forma y función de los árboles.....	8
Tronco .....	8
Raíz .....	12
Copa y follaje.....	13
Flores y polinización.....	15
Frutos y dispersión de semillas.....	16
Funciones ecológicas y servicios ambientales de los árboles .	16
El estudio de los árboles y bosques en Bolivia.....	17
Inventarios e identificación de especies .....	19
Clasificación de bosques en Bolivia.....	23
Explotación del bosque y manejo forestal.....	25
Especies amenazadas y conservación de bosques.....	26
Descripción de algunas especies arbóreas nativas .....	28
Pino colorado, <i>Boliviadendron bolivianum</i> , Tajibo del abayoy, Comomosí, Tajibo morado, Tajibo blanco, Toborochi blanco, Gallito rosado, Jacarandá, Algarrobillo, Cusé y Cupesí	
Algunos árboles exóticos comunes .....	33
Siete copas, Flamboyán, Chamba y Roble australiano	
En defensa de los bosques y los árboles .....	35
Legislación nacional y los bosques .....	35
Los árboles urbanos .....	35
Reacciones de la sociedad civil .....	38
Glosario .....	39
Bibliografía.....	40

## Fundación Patiño

Calle Independencia N° 89, esquina Suárez de Figueroa – Telf. +591 3 375726

Email: a.artea@fundacionpatino.org – Ventas +591 69424295

Santa Cruz - Bolivia

Fundación Patino



EspacioPatinoSantaCruz



Ecostore



## Introducción

Los árboles están entre los seres vivos más grandes y pesados que conocemos (Fig. 1). En el tiempo, estos seres colosales, o no tan grandes, han sido la base estructural de muchos ecosistemas terrestres y una fuente de alimento, combustible, materiales y herramientas vitales para el desarrollo de las sociedades humanas. Para algunas culturas, los árboles son seres respetados y simbólicos, llegando a tener un valor de identidad. Otras los ven solo como un recurso económico a aprovechar según la demanda del mercado de madera o como un estorbo a la urbanización, la agricultura y ganadería sin considerar otras funciones y valores que tienen los árboles y el bosque en su conjunto.

Actualmente se tiene bastante conocimiento sobre la identidad de las especies de árboles y las combinaciones entre ellas que resultan en los distintos tipos de bosques del mundo. Los árboles muestran una diversidad increíble, con numerosas adaptaciones a distintos tipos de hábitat en casi todos los continentes, y con un registro de más de 70.000 especies a nivel mundial, que según científicos de la Universidad de Purdue en EEUU podría pasar de 90.000 con las especies aún no reconocidas por la ciencia.

El catálogo de las plantas de Bolivia (Jorgensen et al. 2014) registra más de 3000 especies de árboles, de las cuales unas 300 son endémicas del país, pero estos números siguen creciendo a medida se hacen más estudios.

Además del incompleto conocimiento sobre la diversidad de especies, existen incertidumbres importantes sobre la fisiología o función interna de estas plantas, como los mecanismos para elevar el flujo de agua hasta las hojas que están a 80 m o más de altura en los grandes árboles. Poco entendidas también son las relaciones ecológicas de los árboles con hongos micorrizas, los polinizadores, herbívoros, dispersores de semillas y las interacciones entre los árboles mismos, las que se empiezan a descubrir como procesos clave en el funcionamiento de los bosques por su efecto en el suelo, el clima, el ciclo del agua, del carbono y en otros servicios ambientales vitales para nuestra sociedad.

A pesar de que este conocimiento académico y el saber tradicional indígena indican la importancia vital de mantener los árboles para asegurar nuestro futuro, las políticas gubernamentales e iniciativas privadas apuntan a destruir los bosques regionales y los árboles urbanos a fin de generar solamente beneficios económicos a corto plazo. Es importante que la sociedad tome conciencia de los impactos ambientales a mediano y largo plazo, y los tenga en cuenta en sus decisiones comerciales.

Nuestra revista Bolivia Ecológica tiene el objetivo de divulgar los valores de la biodiversidad y los de un ambiente saludable para la gente. En números anteriores se han cubierto temas afines al presente como la vegetación de Bolivia (#21, 2001), deforestación (#27, 2002), las leguminosas (#30, 2003), las palmeras (#31, 2003), manejo forestal (#35, 2004), valores del bosque (#46,



Figura 1. a) Higuerón *Ficus insipida* (Andira), b) calapierna *Cochlospermum tetraporum* (D. Rumiz)

2007), silvicultura (#50, 2008), bosques de kewiña (# 57, 2010) y bosques de Bolivia (#61, 2011). Este último es un resumen de la clasificación de la vegetación de Bolivia (Navarro 2011), el extenso libro que describe los tipos de bosques nativos (amazónicos, andinos, chiquitanos, chaqueños) con los factores ambientales que los definen y sus especies características. El lector interesado en profundizar en el tema de esta revista debe consultar el libro mencionado, guías dendrológicas, floras regionales y publicaciones técnicas listadas en la bibliografía. Sin entrar en ese detalle, en el presente número de Bolivia Ecológica queremos dar un panorama de la biología, riqueza de especies y función ecológica de los árboles en el país, destacando los impactos de su destrucción y los esfuerzos para su conservación.

### ¿Qué son los árboles?

Son plantas grandes, perennes, leñosas, con un tallo notorio como eje central llamado fuste o tronco, del cual (generalmente) parten sus ramificaciones que llevan el follaje y forman la copa. Algunos árboles gigantes pueden superar los 100 m de altura, aunque la mayoría de los bosques muy altos del mundo tienen un dosel (nivel de las copas) de 40 m o menos. Para soportar esta estructura, las células del tallo de los árboles presentan su pared de celulosa reforzada por lignina, que es un polímero orgánico altamente resistente con el que se forman las fibras de la madera. Además de brindar soporte, estas células lignificadas forman vasos que sirven para la conducción de la savia y constituyen una gran

proporción de la materia orgánica contenida en un árbol (y del carbono 'secuestrado' en el bosque). La parte viva del árbol son los tejidos de crecimiento, de reserva y transporte en el tallo, la raíz, las hojas y los órganos reproductivos.

Los **árboles**, entonces, tienen un tronco o fuste predominante, mientras que los **arbustos** muestran varias ramificaciones leñosas de grosor más o menos uniforme que nacen desde la base y forman una copa de menor altura que los árboles. Las **hierbas**, por definición, no son leñosas ni pueden ser muy grandes, pero algunas denominadas **megaforbias** o falsos árboles han desarrollado un **pseudotallo** con el tejido del pecíolo endurecido y alcanzan varios metros de altura como en el banano (*Musa*) y el patujú gigante (*Phenakospermum guyannense*).

La clasificación de las plantas por su tipo biológico, hábito o **biotipo** sirve para caracterizar la fisonomía de la vegetación de un lugar contando el número de especies en cada tipo. El método de clasificación más conocido es el de Raunkiaer, en el que los árboles (y arbustos) se clasifican como **fanerófitos**, por ser perennes y tener tallos leñosos, erectos y yemas de crecimiento ubicadas a más de 50 cm del suelo. Esta categoría a su vez se puede subdividir por clases de tamaño (nano, micro, meso y megafanerófitos), el tipo de crecimiento (apical=palmeroide / lateral=arbóreo), la succulencia o no del tallo (ej. las cactáceas arbóreas), su fenología estacional (deciduos/siempreverdes), y otros criterios. El **biotipo arbóreo** típico tiene un tronco central grueso con ramificaciones

de crecimiento lateral (ramas cortas o largas) que forman la copa de la mayoría de las especies arbóreas de angiospermas (plantas con flores, Fig. 2 a) y algunas gimnospermas como los pinos. El **biotipo palmeroide** presenta igual un fuste como eje central, por lo general con crecimiento dominante apical y sin ramificaciones, que termina en un penacho de hojas y órganos reproductivos. Este biotipo se presenta en angiospermas como las palmeras, gimnospermas como las cycas (Fig. 2 b), y filicópidas como los helechos gigantes de Samaipata (Fig. 3 b). En un sentido amplio, sin embargo, todas las plantas que tienen un fuste notorio se consideran **arborescentes** (= con forma de árbol), ya tengan el tronco ramificado o palmeroide, leñoso o más tierno (Fig. 3).

### Historia evolutiva y clasificación de los árboles

Los árboles, como todas las plantas y animales, se clasifican y nombran de acuerdo a la **taxonomía biológica** que es un sistema jerárquico de ordenamiento de los organismos en grupos o **taxones** de distinta categoría (reino, clase, familia, especie, etc.). Esto lo aplica la **botánica sistemática**, que estudia las relaciones de parentesco entre las plantas a partir de sus caracteres (de morfología, anatomía, fisiología, genética, distribución geográfica) y las ordena en un esquema taxonómico que refleja este parentesco o **filogenia** y su historia evolutiva.

Gracias a los registros **fósiles** de plantas que estudia la **paleobotánica**, se ha podido delinear la posible historia evolutiva



Figura 2. a) Biotipo arbóreo en motoyoé *Melicoccus lepidopetalus*, b) Biotipo palmeroide en *Cycas revoluta* (Andira)



Figura 3. Formas arborescentes en a) drago, *Dracaena cinnabari*, en Socotra (Wikimedia), b) helecho macetero, *Dicksonia* sp. en Comarapa (D.Rumiz)

de los grupos vegetales, incluyendo los árboles. La evidencia proviene de la comparación de partes de especies actuales con la morfología microscópica de esporas y granos de polen antiguo,

la impronta de hojas en sedimentos finos, la anatomía de tallos y semillas mineralizados y otros restos que se encuentran en estratos de edad conocida (Fig 4).

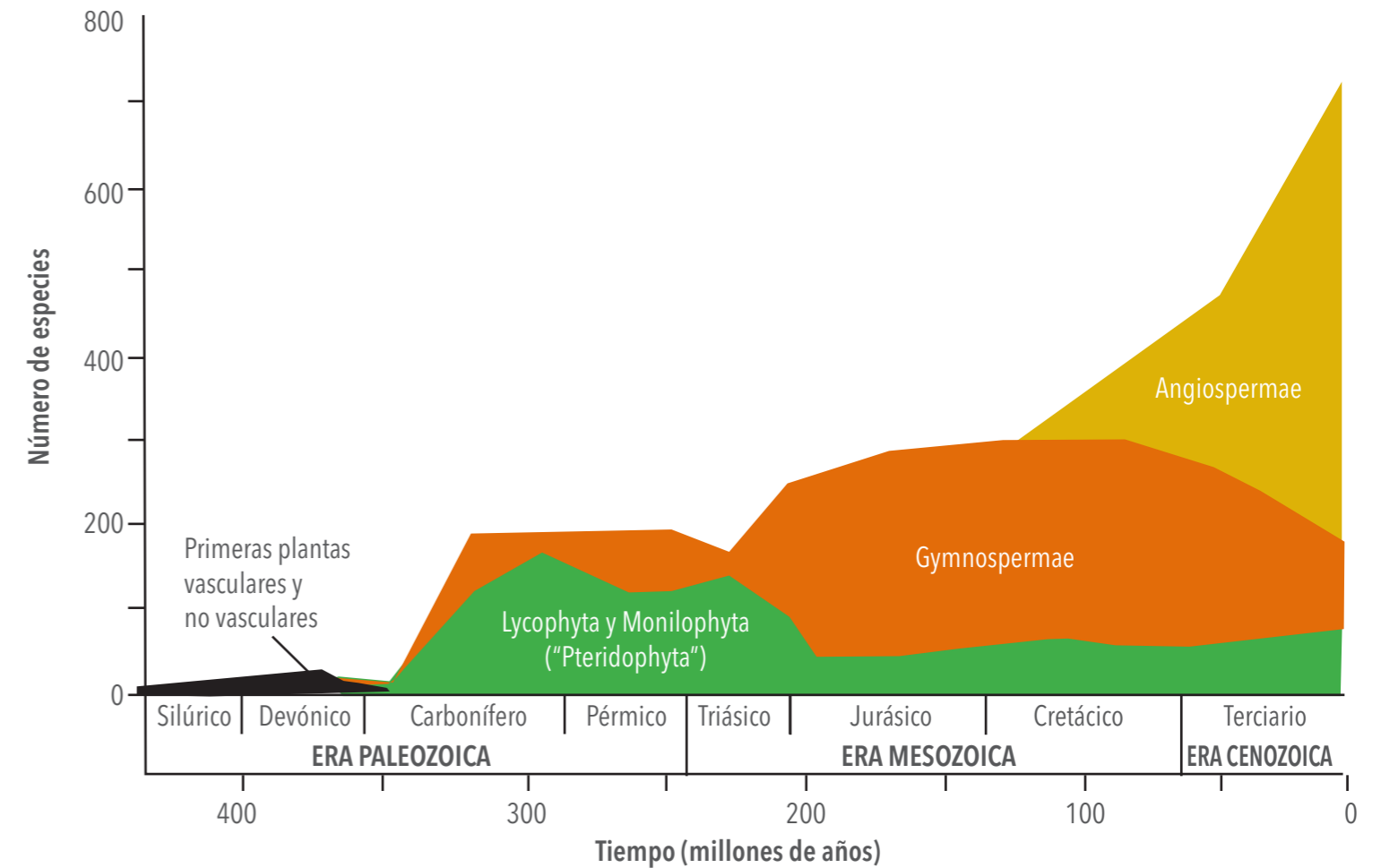


Figura 4. Riqueza estimada de fósiles de plantas vasculares en las eras geológicas (de Willis y McElwain 2002, en Wikipedia)

Por estos estudios se conoce la aparición, persistencia y/o desaparición, a lo largo de las eras geológicas de grupos de plantas

con diversa historia evolutiva pero que presentan un biotipo arborescente (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Cronología de la aparición de plantas arborescentes en el registro fósil

En el período **Devónico** de la era **Paleozoica**, hace unos 380 millones de años (Ma) aparecen unas pteridofitas arborescentes del género *Wattieza* (Fig. 5 a), con un fuste de más de 8 m de largo, y un penacho de hojas estériles y hojas sexuales que producían las esporas como en los helechos actuales. También se desarrollaron los primeros equisetos y helechos filicópsidos y licópsidos.

En el **Carbonífero**, (359-299 Ma) ocurre una diversificación biológica notable, con libélulas y plantas arbóreas de gran tamaño que empiezan a ocupar grandes extensiones en el planeta. Un helecho emparentado con los licopodios, *Lepidodendron*, fue parte de extensos bosques y contaba con un fuste de unos 30-40 m de alto y 2 m de diámetro marcado por cicatrices de las hojas. También abundaron los equisetos y helechos en ambientes pantanosos.

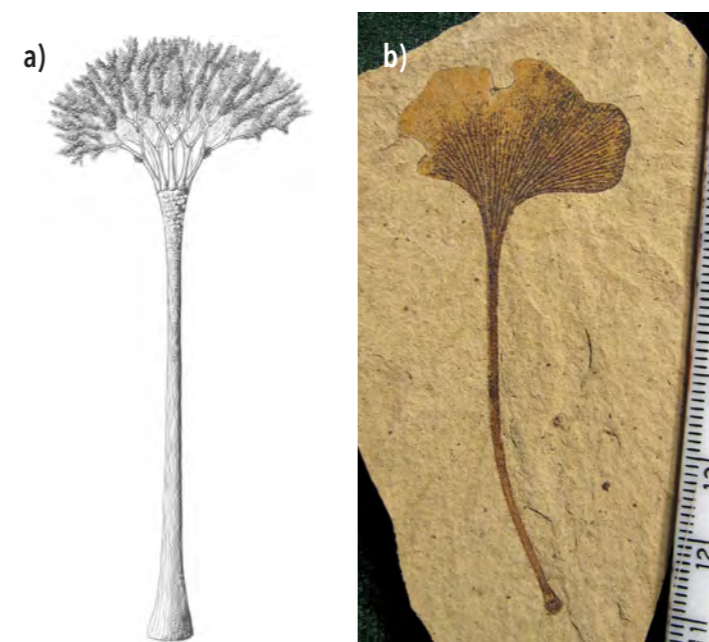
En el **Pérmico**, 299-251 Ma, se reducen los helechos arborescentes y los anfibios, y aparecen las primeras gimnospermas con estróbilos y semillas (cycas y coníferas),

En el periodo **Triásico** (252-202 Ma), ya en la era **Mesozoica**, se expanden árboles verdaderos (gimnospermas, con semillas) como las coníferas, que reemplazan a las grandes pteridofitas y colas de caballo, y también prosperan especies de cycas y ginkgos (Fig 5 b), con fustes más rígidos y estructuras con mayor ramificación. Aparecen las primeras angiospermas, con flores.

En el **Jurásico** (201-152 Ma.) aún son muy comunes las gimnospermas (coníferas, cycas) y helechos, junto con los dinosaurios

En el periodo **Cretácico** (151-72 Ma) aparecen en mayor cantidad las angiospermas arbóreas, con flores y frutos, junto con nuevos tipos de insectos. Culmina con una gran extinción de plantas y animales (dinosaurios) por un meteorito y otros cataclismos.

La era **Cenozoica** (66 Ma al presente), dividida en varios **períodos**, ve el comienzo de la plantas modernas, los insectos, las aves y los mamíferos con los que desarrollan complejas relaciones ecológicas que ahora conocemos.



**Figura 5.** a) Recreación de *Wattieza* b) hoja fósil de *Ginkgo* (Wikimedia)

En la flora actual de plantas vasculares (= Tracheophyta) de Bolivia hay algunas especies nativas de helechos y de gimnospermas arborescentes, y muchas familias con especies arbóreas entre las angiospermas. Los géneros nativos de cada grupo se resumen a continuación, y también se mencionan ejemplos notables de taxones foráneos (exóticos) que se cultivan comúnmente en el país:

**Pteridofitas o helechos + licopodios**, plantas sin semillas, con alternancia de generaciones = esporofito (con genotipo 2n) y gametofito (n), ambos autótrofos, con gametas móviles, y esporas

- **Sphenopsidae**, fam Equisetaceae, equisetos o helechos cola de caballo, *Equisetum*. con especies nativas de tallos altos, nudos y entrenudos, pero no leñosos.

- **Filicopsidae**, helechos verdaderos, fam Cyatheaceae, helechos arbóreos, *Cyathea*, o chachis, *Alsophila*; y fam Dicksoniaceae, helecho macetero, *Dicksonia*; varias especies endémicas y también amenazadas (muchos helechos ornamentales introducidos).

**Gimnospermas, coníferas y otras**, sin flores, gametofito reducido en el esporofito, fecundación simple, semillas desnudas.

- **Pinidae o Coniferae**, 'pinos' y aliados, fam Podocarpaceae, pinos de monte nativos *Podocarpus* y *Prumnopitys* = *Pectinopitys*; maderables pero amenazados. (muchas especies exóticas ornamentales de *Araucaria*, *Cupresus*, *Cedrus*, y forestales *Pinus* son cultivadas).

- **Cycadophyta o Cycadopsida**, 'palmeritas' fam Zamiaceae, *Zamia* es nativa, arrosetada y pequeña (pariente de *Cycas*, *Encephalartos* y otras ornamentales exóticas cultivadas).

- **Ginkgoopsida**, fam Ginkgoaceae, *Ginkgo biloba*, única especie viviente, exótica cultivada.

**Angiospermas**, plantas (árboles) con flores, gametofitos reducidos, fecundación doble, semillas en frutos

- **Liliopsidae o Monocotiledóneas**, fam Arecacea, palmeras, *Astrocaryum* (chonta), *Attalea* (motacú, cusi, palla), *Euterpe* (asaí), *Trithrinax* (sao), fam Bambuseae tacuaras *Guadua*; fam. Musaceae, plátanos *Musa*; fam Strelitziaceae patujú gigante *Phenakospermum*

- **Magnoliopsidae o Dicotiledóneas**, muchas familias con árboles nativos en Moraceae, Cecropiaceae, Lauraceae, Rosaceae, Erytroxylaceae, Meliaceae, Anacardiaceae, Malvaceae, Cactaceae, Sapotaceae, Apocynaceae, Bignoniaceae y otras. También hay especies exóticas cultivadas con fines ornamentales (siete copas, flamboyán), para aprovechamiento maderable (eucaliptos, teca) producción de frutos (cítricos y mangos) y otros productos.

## Tronco

Es la parte estructural que define a los árboles, con apariencia de una columna rígida que soporta las ramas y/o las hojas (Fig 6).

En un corte transversal del tronco de un árbol dicotiledóneo se pueden diferenciar seis capas de distinta estructura y función. Desde afuera hacia adentro, encontramos (Fig. 7):

- La **corteza externa** es la parte más superficial del tronco, de protección, a veces gruesa y corchosa producto de la acumulación de células muertas. La corteza muerta puede desprenderse en capas o resquebrajarse de manera particular de manera que sirve para reconocer algunas especies. En otras, se mantiene viva, verde y hace fotosíntesis (Fig 8).

- La **corteza interna**, viva, está conformada por tejidos del **floema** encargados de transportar nutrientes orgánicos e inorgánicos desde las hojas a las raíces y entre otras partes del árbol.

- Luego viene la fina capa del **cambium**, de células en continua división que forman hacia afuera el floema y hacia adentro el xilema, y causan el crecimiento secundario o en grosor del tronco.

- La **albura** es la capa de células vivas del **xilema** con vasos encargados del transporte del agua desde las raíces al resto

## Forma y función de los árboles

La estructura de los árboles, o sea su morfología y anatomía (del tronco, raíces, copa, hojas, flores, frutos y semillas) se puede explicar en gran parte por la historia filogenética de cada grupo de plantas y por la función fisiológica y ecológica que cumplen en su adaptación a las condiciones ambientales. Hay diferencias de estructura entre los helechos arborescentes, las gimnospermas y las plantas con flores, pero dada la mayor diversidad e importancia ecológica de estas últimas, las descripciones siguientes se refieren principalmente a árboles de angiospermas dicotiledóneas.



Figura 6. Troncos de: a) motoyoé *Melicoccus lepidopetalus*, b) toborochi blanco *Ceiba chodatii*, c) palmeras totaí *Acrocomia totai* (Andira)

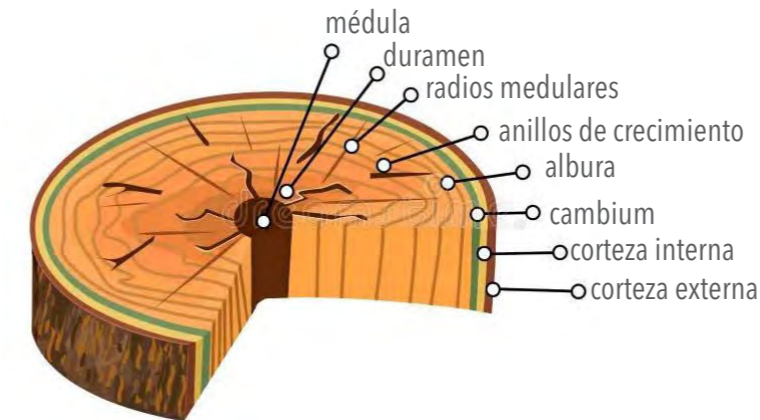


Figura 7. Corte transversal de un tronco de dicotiledónea (traducido de [www.meigspointnaturecenter.org](http://www.meigspointnaturecenter.org))

de la planta y que también puede acumular agua y reservas. Esta capa tiene mayor grosor que las anteriores y mostrará los anillos de crecimiento más recientes (en algunas especies no se ven).

- Seguido viene el **duramen**, capa de células antiguas del **xilema**, muertas y compactadas y con bastante dureza, pueden tener distintas sustancias protectoras que impiden infecciones por patógenos.



**Figura 8.** Tipos de corteza **a)** corchosa en junco *Chloroleucon tenuiflorum*, **b)** exfoliante en algarrobillo *Libidibia paraguariensis* (Andira)

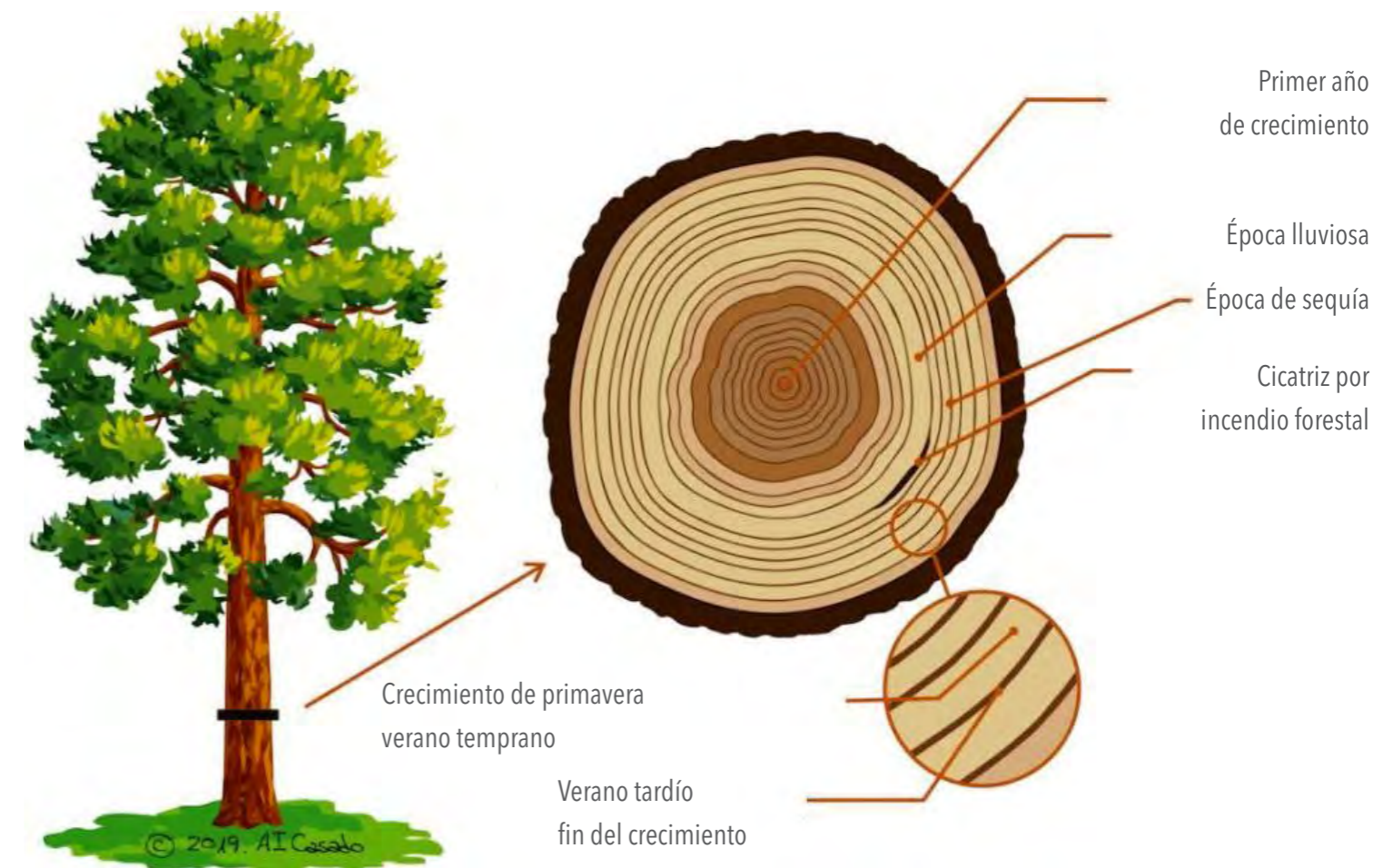
- Por último está la **médula**, la zona más interna del tronco, conformada por un xilema añejo, no funcional, con células parenquimáticas.

En el biotipo palmeroide no hay un cambium que produzca crecimiento secundario, por lo que el diámetro del árbol será más o menos constante durante toda su vida. Los haces vasculares están desordenados e inmersos en el tronco rodeados por fibras duras (esclereidas).

El crecimiento del tronco en grosor ocurre principalmente por la producción del cambium que genera células del xilema hacia adentro. La velocidad del crecimiento varía a lo largo del año según

la estacionalidad y se generan más células en la época húmeda o cálida, y menos o ninguna con el frío o la sequía. Esta diferencia en el crecimiento se ve como anillos en la madera de algunas especies y/o en algunos ambientes estacionales y su estudio se llama **dendrocronología**. De esto se puede inferir la edad del árbol y la ocurrencia de eventos climáticos recientes o antiguos (fuegos, sequías prolongadas) al estudiar su secuencia (Fig. 9).

Por medio del conteo de anillos, a veces apoyado por datación de radiocarbono, se ha estimado la edad de árboles en climas muy extremos. Los más viejos, el pino "Matusalén" (*Pinus longaeva*) en California que supera los 5.000 años de vida, y "Abarkuh", un ciprés (*Cupressus sempervirens*) en Turquía que superó los



**Figura 9.** Anillos de crecimiento (<https://geolodiaavila.com/tag/patron-de-crecimiento/>)

4.000 años. En especies nativas se han estimado edades de 77-193 años en morado (*Machaerium scleroxylon*) en la chiquitania y de 204 años en un motoyoé situado en el Zoológico de Santa Cruz. Los anillos en árboles viejos en pie, en maderas usadas en construcciones antiguas y en troncos sepultados en sedimentos de

una la región pueden mostrar una misma secuencia de eventos históricos ocurridos en diferente etapa de la vida de cada árbol. Así se han hecho estudios que 'enlazan' la historia en los anillos de varios árboles llegando a mostrar una secuencia climática de hasta 10000 años antes del presente.

## Raíz

Tiene la función de soporte de la planta y de absorción de agua y nutrientes del suelo. En el biotipo arbóreo hay generalmente una raíz primaria leñosa que crece en profundidad para sostén, pero también hay raíces secundarias subdivididas que se expanden lateralmente buscando la humedad. En bosques freatófíticos como los de algarrobos en cauces estacionales, las raíces son muy profundas y llegan al agua subterránea. En bosques más húmedos, los grandes árboles como el mapajo (*Ceiba pentandra*) desarrollan

'aletas' o raíces tabulares para mejorar la sustentación (Fig. 10 a). Los bibosis (*Ficus*) y otras plantas desarrollan raíces colgantes que luego se convierten en troncos. Las palmeras y otros palmeroides tienen solo raíces secundarias adventicias subterráneas, pero en la pachiuba (*Socratea exorrhiza*) crecen como 'zancos' en la base del tronco (Fig. 10 b)

La obtención de agua y nutrientes del suelo ocurre a través de las raíces más finas, y en colaboración con otros organismos como las bacterias *Rhizobium* que fijan nitrógeno en las leguminosas, y



Figura 10. Raíces notables de a) mapajo (Beatriz Nieto), y b) pachiuba (Ruestz-Wikipedia)

con hongos micorriza que ayudan a absorber otros nutrientes en muchas especies. La importancia de estas asociaciones bióticas y de la 'comunicación' entre las raíces de un bosque es algo que aún no terminamos de valorar y comprender. Un suelo lleno de raíces, hongos, otros microorganismos y materia orgánica en descomposición es fundamental para mantener el agua y la producción vegetal natural y de consumo humano del bosque.

## Copa y follaje

La **copa del biotipo arbóreo** está formada por el conjunto de ramas divididas según un diseño funcional de la especie, las condiciones de su hábitat y la historia o daño que pueda haber sufrido el individuo en su crecimiento. Puede ser **redondeada**, con desarrollo superior, lateral y también inferior como en el motoyoé *Melicoccus lepidopetalus* y el ochoó *Hura crepitans*, o **cónica** con tronco recto y ramas laterales que van disminuyendo de tamaño a medida que se acercan al ápice, como en pinos y araucarias. Otros tienen una copa **péndula**, de largas ramas laterales flexibles como en el sauce llorón *Salix babylonica* y el lecheleche *Sapium hoematospermum*. Cuando las ramas más largas se encuentran en la parte apical y no suelen tener mucha ramificación vertical se forma una **sombrilla** como en el jebió *Pseudalbizzia niopoides*. Otras copas pueden resultar irregulares o asimétricas como en el jorori *Swartzia jorori*.

Las **hojas** de árboles dicotiledóneos son en general pequeñas,

simples o compuestas y de vida estacional, ya sea en especies de follaje perenne o deciduo. Como en todas las plantas, tienen la función vital de realizar la fotosíntesis de glucosa a partir de dióxido de carbono atmosférico y que es la base de la red trófica terrestre de la que formamos parte. En este proceso se libera oxígeno y una gran cantidad de agua por la transpiración, lo que representa otro servicio ecológico de importancia global. Algunos árboles no tienen hojas y hacen fotosíntesis en su tallo.

La copa del **biotipo palmeroide** no tiene ramificaciones, y se forma como un penacho apical con hojas de gran tamaño y larga vida. Las **hojas** son compuestas, con un raquis rígido, a veces con espinas y grandes folíolos dispuestos en forma pinnada (palmas motacú, sumuqué, cusi, chonta) o palmada (palma real, caranday). Las palmeras no son deciduas, siempre tienen hojas (a no ser que se quemen), que se van renovando con las que nacen en la yema apical mientras que las viejas se desprenden más abajo en el tronco.

La gran **función del follaje** de los árboles es captar la radiación solar para convertirla en energía química y biomasa. A la vez, la copa reduce la exposición al sol por debajo y permite la vida de otros organismos en los estratos inferiores y en el suelo. También, es clave al proteger el suelo contra la erosión por interceptación de la lluvia, reducir el escurrimiento superficial en pendientes, y facilitar la infiltración profunda del agua. La evaporación del follaje mojado más la transpiración de las hojas contribuye localmente a la



Figura 11. Copas arbóreas y palmeroides del bosque amazónico en el Chapare (Beatriz Nieto)

humedad atmosférica y a una temperatura más fresca. Las hojas, los epífitos y las cortezas gruesas capturan el agua de la niebla, aunque no llueva. El impacto ambiental positivo del bosque amazónico en el continente es vital desde el punto de vista ecológico, económico y social por la circulación climática de los 'ríos aéreos' hacia el sur (Cuadro 2, Fig. 12).

**Cuadro 2.** Procesos que regulan la lluvia en Sudamérica (Secretos de la Amazonía Corazón del Mundo, A. Nobre, INPE, Brasil)

La franja ecuatorial del océano Atlántico sufre fuerte **evaporación** por el sol, y los **vientos alisios** llevan el aire húmedo hacia el oeste, al continente.

La **transpiración** de los árboles mueve 20 mil millones de toneladas de agua del suelo a la atmósfera, y **acelera** la corriente húmeda que viene desde el océano porque el vapor transpirado que se condensa en nubes y lluvia genera un vacío sobre el continente.

Los árboles liberan partículas microscópicas, el '**polvo de hadas**', que forma núcleos de condensación del vapor y provocan lluvia más frecuente sobre el bosque (mucho más que la que ocurre en el mar).

La **lluvia cae y se evapora** varias veces sobre el bosque hacia el oeste hasta que choca con los Andes, allí las corrientes de viento húmedo o '**ríos aéreos**' doblan hacia el sur y al este llevando lluvia hacia la cuenca del Plata. Si no hay bosque no hay lluvia.



Figura 12. Servicios ambientales del bosque amazónico (<https://airelibre.cl/>)

### Flores y polinización

El intercambio genético entre los individuos de una especie brinda variabilidad a los descendientes, y esta ventaja evolucionó en las plantas a través de la formación de heterosporas que dan gametofitos masculino y femenino. En los helechos, los gametofitos de vida libre (protalos) liberan las gametas en un medio húmedo, se fecundan y originan un esporofito. En gimnospermas, el

gametofito no es de vida independiente, sino que se forma en su respectivo cono femenino donde se produce el óvulo y en el cono masculino donde se producen los granos de polen. El polen llega al óvulo en el cono femenino (coníferas) o en el suelo (*Ginkgo*) llevado por el viento, lo fecunda y se genera la semilla. En las angiospermas es similar, pero la semilla se forma protegida dentro del fruto, con un **endosperma** o material de reserva resultado de una doble fecundación, que mejora sus chances de sobrevivencia.

Entre los árboles nativos tenemos especies cuyo polen se transporta con el viento desde los estambres hasta el ovario femenino, y otros que necesitan de la acción de polinizadores como insectos, colibríes o murciélagos. Puede ocurrir que las especies sean dioicas, con individuos macho y hembra separados, o que tengan flores unisexuales o flores hermafroditas en el mismo individuo, lo que crea distintas situaciones para la polinización. Cuando los árboles de una especie quedan muy distantes entre sí por la tala selectiva o la deforestación, o cuando los polinizadores desaparecen por fumigaciones y fuegos, la producción de semillas de muchas plantas puede colapsar.

### Frutos y dispersión de semillas

Los frutos son una adaptación de las angiospermas para proteger la formación de la semilla y favorecer su dispersión de manera que puedan colonizar nuevos ambientes. Hay dos formas principales de dispersión de semillas, la que el fruto las libera al viento o las

expulsa para que se alejen, y la que están en un fruto carnoso o tienen partes atractivas para que animales diversos las ingieran y/o las transporten. También las hay dispersadas por agua y procesos combinados más complejos. Los árboles de uso forestal más conocidos (mara, cedro, roble, tajibos, quebrachos, jichituriqui, mapajo, toborochis) son **anemófilos**, tienen semillas aladas o con fibras que facilitan su dispersión por el viento. Otros árboles tienen **frutos carnosos** (bibosis, ambaibos, tarumá, ocorocillo) que los peces, las aves, los murciélagos y otros mamíferos pueden ingerir y defecar sus semillas a distancia. Algunos frutos son grandes (muchas palmeras, pacay, paquió) y los animales como monos, parabas, ardillas, jochis y otros los mordisquean y dejan caer las semillas, o los transportan y esconden lejos de la planta madre, donde pueden germinar.

### Funciones ecológicas y servicios ambientales de los árboles

Los bosques tienen impactos a **nivel planetario** por el oxígeno que liberan a la atmósfera y el carbono que extraen de ella en la fotosíntesis. Un indicio de que esto ocurre son las estimaciones de concentración de oxígeno mucho más altas en el Carbonífero cuando el planeta estaba cubierto por una gran biomasa vegetal. Sin embargo, el calentamiento global causado por la mayor concentración de dióxido de carbono atmosférico proveniente de la quema de combustibles fósiles (muchos originados en el Carbonífero), induce sequías y mega incendios que disminuyen la fotosíntesis y aumentan la liberación de carbono en muchos

bosques. Afortunadamente, los mares tienden a amortiguar la concentración de dióxido de carbono, pero no está claro hasta qué nivel lo podrán lograr en un planeta más cálido.

A **nivel de la Amazonia**, el bosque tiene un efecto en la producción y reciclado de agua de lluvia que por las corrientes de aire húmedo llevan lluvia a zonas productivas de la cuenca del Plata (Paraguay, S de Brasil, Argentina y Uruguay). El fenómeno de los 'ríos voladores' descrito por investigadores de Brasil sugiere que no solo hay bosque en la Amazonia porque llueve más, sino que llueve más porque hay bosque, y entonces, la deforestación amenaza este proceso de importancia continental.

A **nivel de cuencas**, el bosque brinda protección contra la erosión de la lluvia, retiene agua y nutrientes en bosques inundados, promueve la recarga de acuíferos, y amortigua las inundaciones y sequías (Fig 13). De esta manera se mantiene la calidad de agua de los ríos y su fauna (peces, anfibios, reptiles, aves, mamíferos), la fertilidad del suelo con su materia orgánica (carbono), nutrientes y biodiversidad del bosque con sus dispersores de semillas, polinizadores y controladores de plagas.

A **nivel urbano y rural**, los árboles y relictos de bosque amortiguan los vientos y la temperatura ambiente, sobre todo el calor del cemento en la ciudad, donde la sombra permite reducir el enorme gasto de energía eléctrica. Las franjas de bosque ribereño mantienen los cauces de arroyos y canales, amortiguan

torreteras, conservan agua en época seca, sirven de barrera para contaminantes de suelos agrícolas, también son cortinas rompeviento, y proveen hábitat y corredores a la fauna silvestre. La agroforestería con árboles productivos nativos y exóticos, y el uso silvopastoril con buen manejo de ganado mantienen varios de los servicios ambientales del bosque que benefician a la zona rural y poblaciones cercanas, a diferencia de la deforestación total y monocultivos industriales. El bosque, los árboles y los cuerpos de agua que protegen tienen un valor recreativo y espiritual para la gente, además de educativo para los habitantes ciudadanos que no conocen el mundo natural que nos sostiene.

### El estudio de los árboles y bosques en Bolivia

La **dendrología** (del griego *dendron* = árbol y *logos* = ciencia) es el estudio de los árboles, arbustos y otras plantas leñosas para conocer sus características y determinar su identidad. Es una disciplina de la **botánica**, pero más enfocada en la utilidad de los árboles, como la **xilología** que se concentra en las características de la madera de las especies, y la **silvicultura**, que practica el cultivo de árboles o el manejo productivo de bosques naturales.

El estudio científico de las plantas en Bolivia progresó mucho a fines del siglo pasado con la creación de herbarios en La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y Sucre, la formación de botánicos nacionales y el apoyo de la cooperación extranjera. Un hito en este conocimiento fue la publicación de la **guía de árboles** de Bolivia



Figura 13. Bosque amazónico protector de cuencas (Beatriz Nieto)

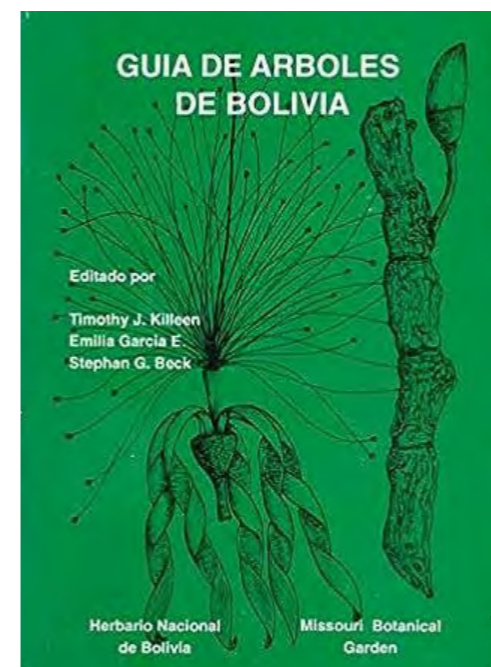
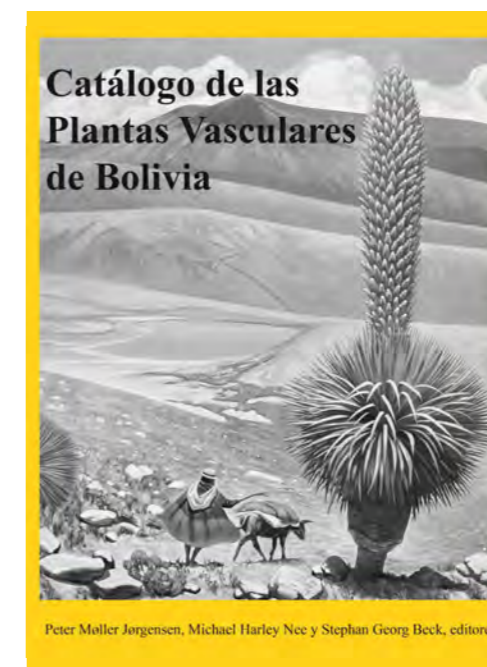


Figura 14. Dos fuentes de referencia sobre los árboles de Bolivia

(Killeen et al. 1993), en la que contribuyeron los entonces botánicos nacionales y extranjeros residentes, y que junto a nuevos coautores completaron luego el **catálogo de las plantas vasculares** del país (Jorgensen et al. 2014)(Fig. 14). Este catálogo está accesible como **una base de datos** en Trópicos (<http://legacy.tropicos.org/>) que se sigue actualizando, y donde uno puede obtener listas de especies buscando por familia, género, forma de vida (sólo árbol, por ejemplo), si son endémicas, por departamento o zona de vegetación, entre otras.

En los años 90 también se avanzó con proyectos de manejo forestal,



de estos temas con el objetivo de introducir conceptos importantes, resaltar valores de la biodiversidad de Bolivia y proveer fuentes adicionales de información accesible.

#### Inventarios e identificación de especies

La guía de árboles de Bolivia (Killeen et al. 1993) incluyó 2.700 especies, de 185 géneros y 120 familias botánicas, mientras que la base de datos actualizada del catálogo nacional en Trópicos registra 3.077 especies de árboles de porte pequeño y grande. La diferencia en el número total de especies nativas se debe

inventarios de flora en áreas protegidas, uso de plantas por culturas indígenas (**etnobotánica**), monitoreo de parcelas de vegetación y la clasificación de los tipos de bosque de Bolivia. Muchos de esos resultados se publicaron en el nuevo milenio, cuando también se dio mayor seguimiento a la deforestación e incendios forestales por sensores remotos, y se categorizaron las especies de plantas y sistemas ecológicos por su grado de amenaza de extinción. Paralelamente surgieron fuertes polémicas ambientales entre la política nacional, opiniones científicas y grupos de defensa de los bosques y de los indígenas de las tierras bajas. A continuación se describen algunos

principalmente a resultados de nuevos inventarios, pero también puede resultar de revisiones taxonómicas que muestran que lo que antes se consideraba una especie son en realidad dos o más entidades diferentes según los nuevos análisis genéticos. Estos análisis también pueden indicar que nombres diferentes deben agruparse en un solo nombre válido, y los ya no usados pasan a

ser **sinónimos**, o que una o más especies deberían cambiar de género, o hasta de familia. Esto lleva a cambios de taxonomía (nombre científico de la especie y otros, Cuadro 3) que confunden al lector, pero que son necesarios para reflejar el conocimiento actual de las plantas.

### Cuadro 3. Conceptos de taxonomía y ecología

**Taxón:** unidad sistemática usada por los taxónomos en el ordenamiento jerárquico de los grupos de organismos, que en jerarquía descendente son: clase, orden, familia, género, especie (y categorías intermedias). En sistemática moderna, cada taxón debe ser **monofilético**, o sea, todos sus miembros tienen un ancestro común, a diferencia de **parafilético** que implica que a dicho nivel sus miembros tienen distintos ancestros, y deben revisarse.

**Familia:** (fam) unidad sistemática principal de clasificación botánica entre orden y género, su nombre en latín va en mayúsculas y termina en 'aceae', y en español va en minúscula y termina en 'áceas'.

**Género:** (gen) taxón intermedio entre familia y especie, representa a una especie singular o agrupa especies muy emparentadas; es el primer término de la nombre **binomial**,

se escribe en mayúscula y con letra destacada (itálica), es una palabra en latín o latinizada,

**Especie:** (sp. en singular o spp. plural) agrupa a organismos semejantes que se reproducen entre sí y dan descendencia fértil; se identifica con dos términos, el género (en mayúscula) y el epíteto específico (en minúscula), ambos latinizados y que concuerdan gramaticalmente en latín. La asignación de nombres se ajusta según el Código de Nomenclatura Botánica. En trabajos de taxonomía cada nombre científico va seguido del apellido o iniciales de la autoridad que lo nombró y su año, pero en esta ocasión, para simplificar, no los usamos.

**Nombre común de un árbol:** es útil para comunicarse con conocedores locales en un sitio, pero varía según tradiciones y lenguas indígenas. Hay que conocer a qué se refiere cada nombre, porque una misma especie puede tener distintos

### Cont. Cuadro 3.

nombres locales, y un mismo nombre se aplica a distintas especies.

**Especies nativas**, son las que tienen su origen y viven en una región o país, y son **endémicas** o exclusivas de dicho país, si naturalmente no se encuentran en otro.

**Especies exóticas** en un sitio o país son las nativas de otro lugar geográfico, que fueron transportadas inadvertidamente o a propósito adonde antes no existían, y que pueden convertirse en **espontáneas** o **naturalizadas** si se establecen solas, y en **invasoras - malezas** cuando se expanden sin control y afectan a los sistemas naturales o productivos.

El total de más de 3000 especies abóreas nativas, de las cuales 295 son endémicas de Bolivia, da una idea de la alta biodiversidad del país, producto de su variedad de ambientes físicos y su biogeografía. El número de especies nativas registradas por departamento en los

datos de Trópicos se muestra en el Cuadro 4. La Paz, Santa Cruz y Beni tienen la mayor riqueza de árboles nativos, y Oruro la menor.

Estas diferencias se explican en la próxima sección.

**Cuadro 4.** Número de especies arbóreas registradas en los nueve departamentos y su contribución a la flora del país (<http://legacy.tropicos.org/>)

DEPARTAMENTO	RIQUEZA DE ESPECIES	% DE LA FLORA
Beni	1211	39
Chuquisaca	397	12
Cochabamba	946	30
La Paz	1922	62
Oruro	5	0,16
Pando	993	32
Potosí	77	2
Santa Cruz	1784	57
Tarija	314	10

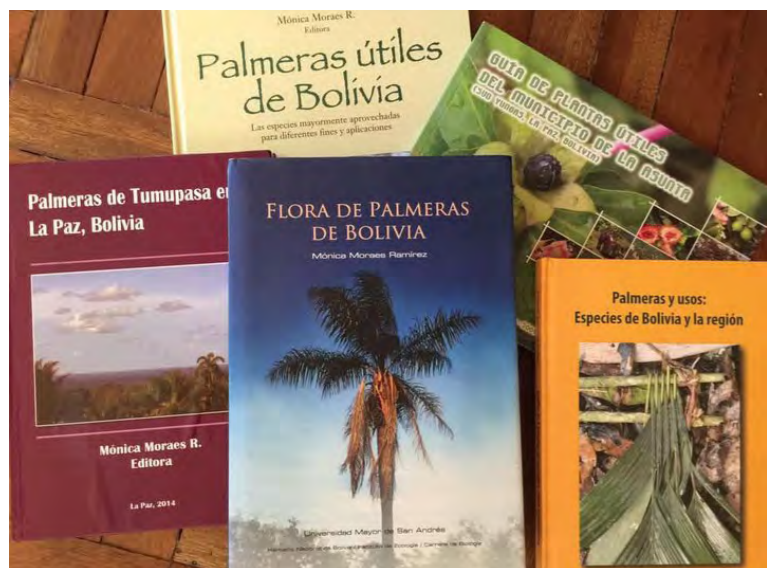
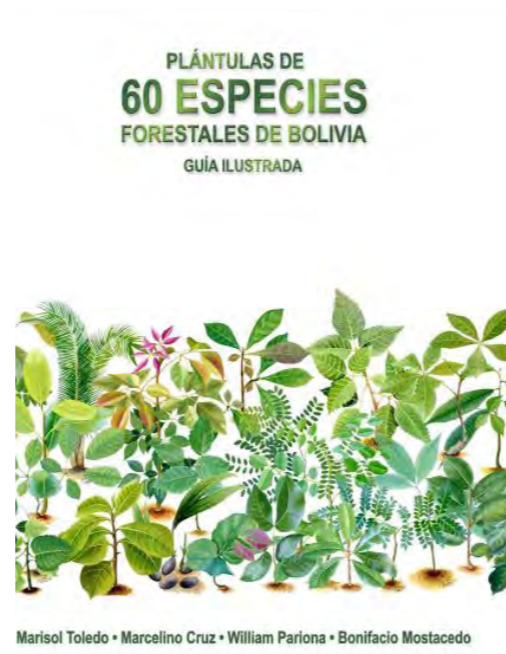
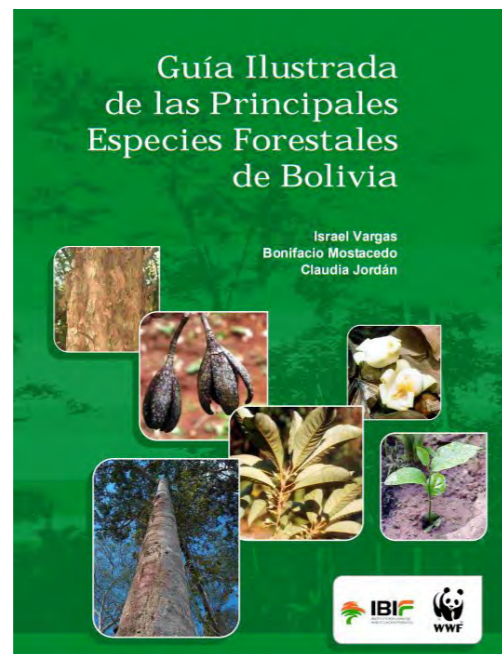
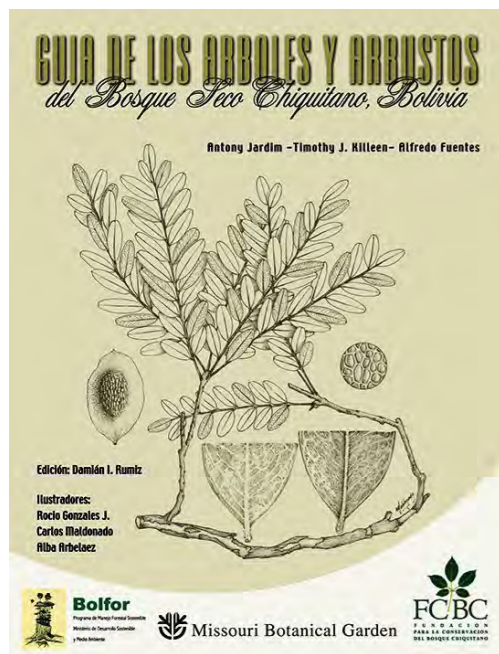


Figura 15. Algunas guías de árboles de Bolivia accesibles en internet

El conocimiento sobre la identidad y distribución geográfica de los árboles nativos tuvo un impulso con la participación de herbarios nacionales en proyectos de desarrollo forestal y de inventarios botánicos en áreas protegidas. Así se publicaron guías de identificación de árboles y arbustos chiquitanos, varias guías dendrológicas de especies forestales por regiones o de toda Bolivia, otras solo sobre palmeras (Fig 15), y también sobre frutos silvestres y floras de localidades particulares. Muchas de estas fuentes pueden buscarse en internet en relación a proyectos e instituciones como BOLFOR, IBIF, FAN, FCBC, Museo Noel Kempff Mercado UAGRM, Instituto de Ecología UMSA.

#### Clasificación de bosques en Bolivia

De los varios ensayos de zonificación climática, ambiental y de bosques del país, se destacan el resumen de la guía de árboles (Killeen et al. 1993), el esquema de ecorregiones de Ibsich y Mérida (2003) y el de biogeografía de Navarro y Ferreira (VMABCC-Biodiversity 2009, Fig 16 a).

Este último considera 4 regiones y 10 provincias biogeográficas, subdivididas en sectores y paisajes, hasta llegar al detalle de sistemas ecológicos mapeados en SIG y descritos en su libro de clasificación de la vegetación (Navarro 2011, Fig. 16 b).

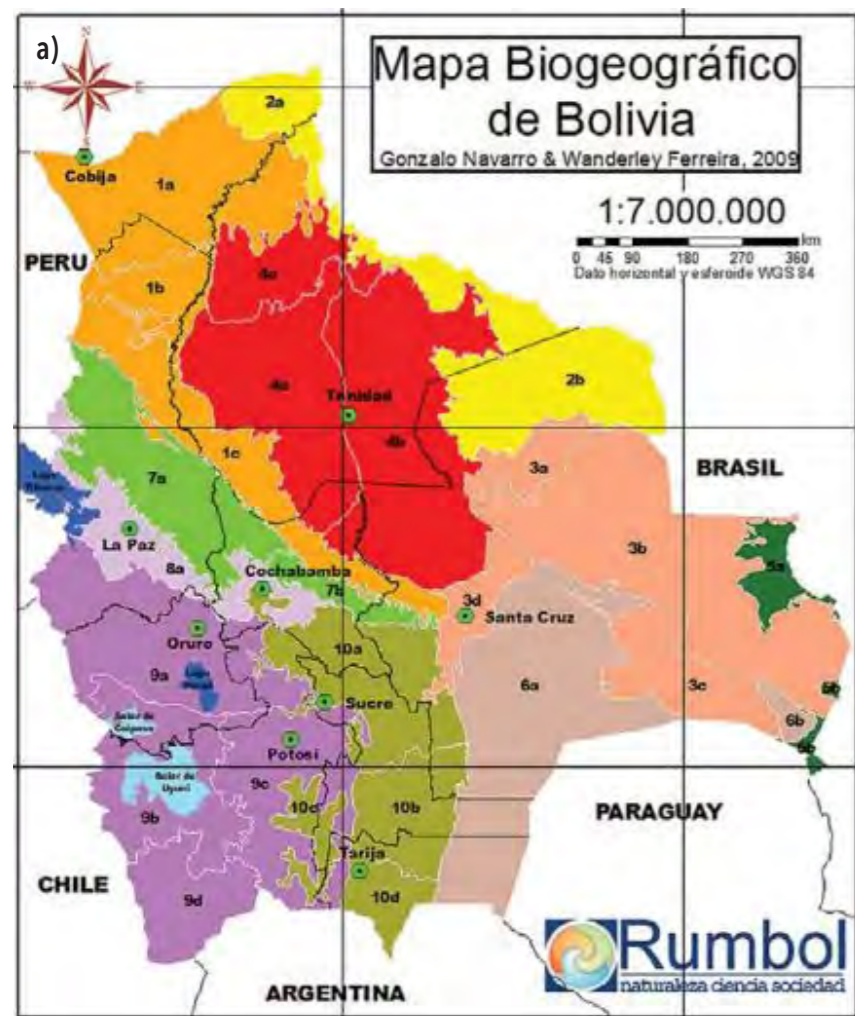
El mapa de la Fig. 16 a delimita las regiones y provincias biogeográficas que están detalladas en el libro 16 b, y resumidas

en Bolivia Ecológica #61. A continuación se identifican las unidades del mapa por su color, y se mencionan algunos de sus árboles más característicos.

**Región Amazónica** (polígono naranja, prov. Amazónica SO; y amarillo, prov. Amazónica Centro Sur), presenta **bosques de tierra firme** con castaña (*Bertholetia excelsa*), almendrillo amarillo (*Apuleia leiocarpa*) y palmeras, y **bosques de bajura** inundables con ochoó (*Hura crepitans*), guayabochi (*Calycophyllum spruceanum*), palma real (*Mauritia flexuosa*) y yesquero negro (*Cariniana domestica*).

**Región Brasileño Paranense** (rojo, prov Beniana; rosado, prov. Cerrado; y verde prov. Pantanal), **bosques bajos y sabanas** con almendra (*Dypterix alata*), paratodo (*Tabebuia aurea*), tutumillo (*Magonia pubescens*); **bosques semidecíduos chiquitanos** con morado (*Machaerium nyctitans*), roble (*Amburana cearensis*), curupaú (*Anadenathera colubrina*); bosques de la **llanura cruceña, pantanal y Beni** con curupaú, tarumá (*Vitex cymosa*) cuchi (*Astronium urundeuva*) y palmeras (*Attalea phalerata*, *Copernicia alba*).

**Región Chaqueña** (café, prov Chaco N), **bosques xéricos bien drenados**, con kacha (*Aspidosperma quebracho-blanco*), otros quebrachos (*Schinopsis quebracho-colorado*), toborochi (*Ceiba chodatii*) y cactus arbóreos (*Cereus*, *Stetsonia*, *Browningia*); **de arenales** con quebracho (*Schinopsis cornuta*); **de transición**



con palo blanco (*Calycophyllum multiflorum*), curupaú y cuchi; **freatofíticos** con algarrobos, y de **suelos inundables** con kacha lagunera (*Aspidosperma trinertatum*), palo cruz (*Tabebuia nodosa*), guayacán (*Bulnesia sarmientoi*), palma saó (*Trithrinax schyzophylla*) y carandá (*Copernicia alba*).

**Región Andina** (verde claro, prov. Yungas; verde oscuro, prov. Boliviano-Tucumana; lila claro, prov. Puneña; y lila oscuro, prov. Altiplánica sin árboles), bosques **estratificados por pisos** altoandinos, altimontanos, montanos y basimontanos, desde muy húmedos a xéricos, con varias kewiñas (*Polylepis* spp.) en los más

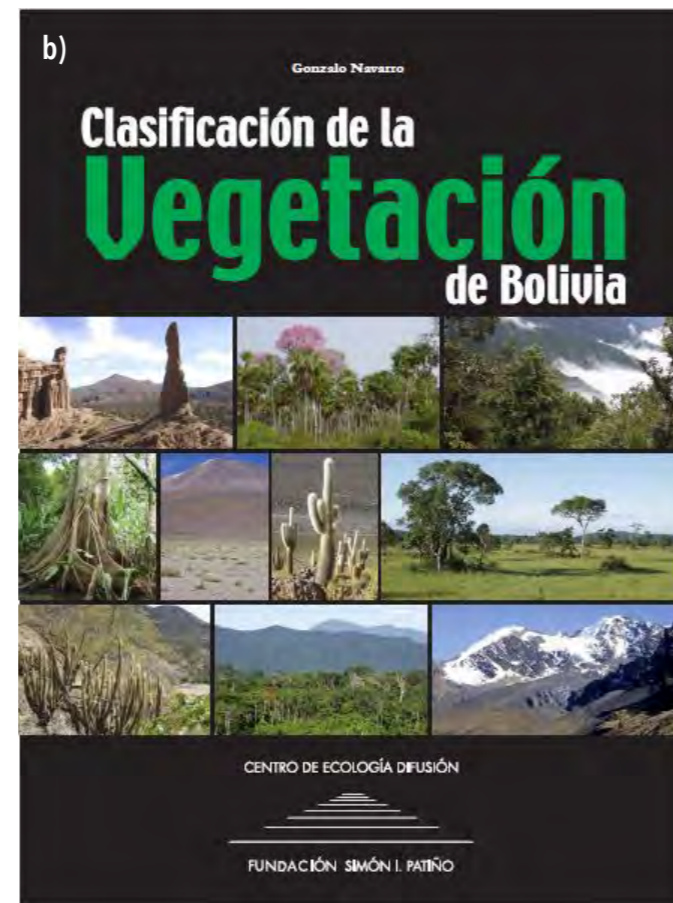


Figura 16. a) Regiones biogeográficas de Bolivia y b) libro analítico de la vegetación

**altos**; pinos (*Podocarpus* y *Prumnopitis*) y alisos (*Alnus acuminata*) en los **montanos húmedos**, nogales (*Juglans*), laureles (*Nectandra*) y gallitos (*Erythrina*) en los montanos subhúmedos, y gran variedad árboles en los **basimontanos yungueños** desde húmedos con palma andina *Dyctiocaryum*, subhúmedos con quinas *Cinchona*, yesqueros *Cariniana*, cuchi y curupaú, y xéricos con quebrachos y cactus. En los **basimontanos boliviano-tucumanos** hay nogales y laureles, chare (*Parapiptadenia excelsa*) y tipa (*Tipuana tipu*) en los **subhúmedos**, y soto (*Schinopsis lorentzii*), morado, roble, y caraparí (*Neocardenasia herzogiana*) en los **xerofíticos**.

#### Explotación del bosque y manejo forestal

Varios productos de los árboles andinos y amazónicos tuvieron impacto en la economía a lo largo de la historia de Bolivia. Primero (1820-1870) fue la corteza de la **quina** (*Cinchona* spp.), luego (1880-1912 y 1942-1945) la **goma** (*Hevea brasiliensis*) y también (~1960-1990) las **maderas preciosas** de los bosques andinos (cedro, pino de monte, nogal) y de tierras bajas (mara, cedro, roble, morado, quebracho). La recolección de **castaña** (*Bertholetia excelsa*) empezó luego de la goma y se mantiene en la actualidad, mientras que la corta del **palmito de asaí** (*Euterpe oleracea*) no era muy rentable (ni biológicamente sostenible) y cesó en ~1990.

Ahora, varias comunidades cosechan los **frutos de asaí** silvestre sin cortar la palma y con buenas perspectivas comerciales y de sostenibilidad. Casi todas las especies en las que su extracción

era letal para la planta se agotaron como recurso aprovechable y recibieron restricciones legales para su corta. En el caso de la castaña, la gente del norte amazónico valora mucho este árbol por el sustento que brinda en la zafra de recolección y en las 'beneficiadoras' para procesar y exportar la 'almendra' (la semilla pelada).

La colecta de este fruto no amenaza la sostenibilidad del recurso y la ley prohíbe cortar su árbol, pero en Pando los colonos expanden la deforestación y aunque dejen los árboles de castaña en pie, estos mueren al poco tiempo por el fuego.

La legislación forestal en los 90's intentó conservar los bosques naturales aunque estuvieran 'descremados' (agotados en sus maderas más valiosas), y promovió el manejo de otras especies, el ordenamiento en áreas de corta anual, prácticas de impacto reducido y registros de trazabilidad de la madera. La adopción de estas prácticas y el esfuerzo de varios empresarios madereros lograron que muchas operaciones alcanzaran los estándares ambientales, económicos y sociales requeridos por la 'certificación forestal voluntaria'. En 2005, Bolivia llegó a ser # 1 en el mundo por tener más de 2 millones de hectáreas de bosques naturales con manejo certificado, pero luego esta área se fue reduciendo. Los bosques actuales manejados para madera no rinden ganancias como cuando tenían mara, cedro y roble, pero proveen los servicios ambientales ya mencionados que no se muestran en la ecuación económica.

Algunos planes de manejo forestal certificado incluyen enriquecimiento con semillas o plantaciones mixtas con especies de mayor valor, y también hay iniciativas agroforestales notables con una variedad de productos vegetales y animales en un mosaico de bosque, huertos y pasturas. Aunque intervenidas, estas fisonomías dan servicios similares a los del bosque natural, y son muy distintas a las extensas plantaciones monoespecíficas de pinos o eucaliptos que tienen fuertes impactos negativos y no pueden considerarse un bosque.

### Especies amenazadas y conservación de bosques

La tala selectiva insostenible de árboles y plantas arborescentes de interés comercial, y la destrucción de bosques para convertirlos a agricultura, ganadería o urbanizaciones reducen las poblaciones naturales de muchas especies, a veces hasta extinguirlas. Sobre el tema, al menos dos organizaciones internacionales y científicos de países como Bolivia han contribuido con evaluaciones del estatus de las especies y con propuestas para su conservación.

La **UICN** (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) desarrolló criterios de categorización y evaluó con científicos internacionales el estatus de muchísimas especies de plantas y animales.

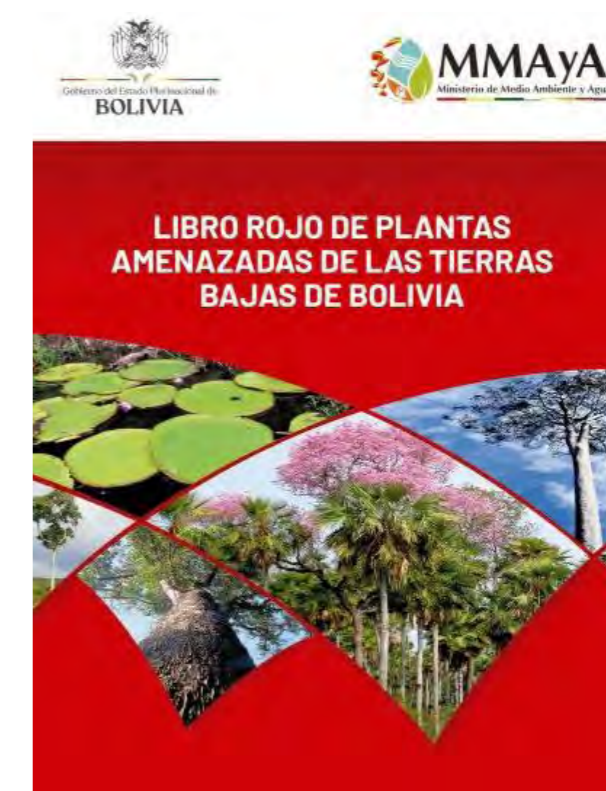
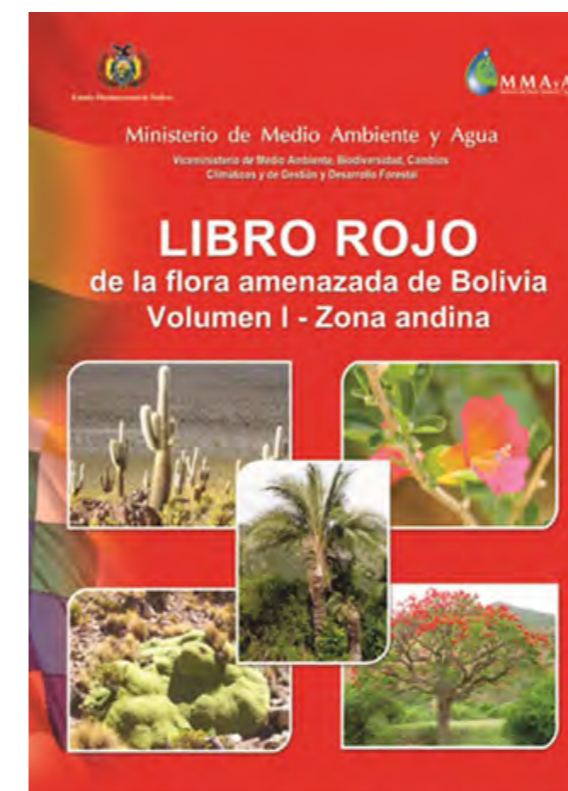
Así creó las 'listas rojas' con las especies en categorías (EX extinta, CR en peligro crítico, EN en peligro, VU vulnerable, NT casi amenazada,

LC preocupación menor) para todo el mundo. La explicación de las categorías y las especies listadas por país están disponibles en <http://www.iucnredlist.org/>

**CITES** (la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies Silvestres de Fauna y Flora) establece restricciones a la exportación e importación de especies amenazadas en acuerdo con los países firmantes, según estén listadas su Apéndice 1 (comercio prohibido) o Ap. 2 (solo con requisitos). Sus procedimientos y listas por país pueden buscarse en <https://www.cites.org/>

En **Bolivia** se han evaluado y producido varios listados y descripciones de especies y bosques amenazados según las categorías de UICN. Las fuentes más relevantes para los árboles (Fig. 17) son los **Libros Rojos** de plantas del cerrado (Mamani et al. 2010), plantas andinas (MMAyA 2012) y de las tierras bajas (MMAyA 2020). En los dos últimos, las especies se describen en el marco de cada región biogeográfica del esquema de Navarro, al igual que cada sistema ecológico se halla categorizado en el libro de la Fig. 16b.

La enumeración de todas las especies arbóreas nativas con estatus de amenaza (CR, EN o VU) escapa al alcance de esta publicación, ya que muchas no son popularmente conocidas o son de distribución restringida. A continuación mencionamos algunas especies amenazadas o grupos de ellas para cada región biogeográfica según los libros rojos.



**Figura 17.** Dos fuentes de referencia para plantas amenazadas de Bolivia

En la **Región Amazónica** encontramos alta diversidad de árboles, varios de amplia distribución pero intenso uso maderable, y otros poco conocidos y restringidos a áreas pequeñas. Ejemplos son el almendrillo o cuta *Apuleia leiocarpa*, amarillos *Aspidosperma* spp., el palo maría *Calophyllum brasiliense*, los cedros *Cedrela fissilis* y *C. odorata*, mara macho *Cedrelinga*, mururés *Brosimum* spp., almendrillos *Dipteryx* spp., bibosi colorado *Ficus boliviana*, tajibos *Handroanthus* spp., morado de Pando y siraris *Peltogyne* spp. y la mara *Swietenia macrophylla*. La castaña *Bertholletia excelsa* y la goma *Hevea brasiliensis* se consideran amenazadas por la

deforestación, igual que la palma *Attalea blepharopus* y muchas especies más.

En la **Región Brasileño Paranense** se destacan como amenazados árboles maderables como el roble *Amburana cearensis*, jichituriquis *Aspidosperma cylindrocarpon* y *A. tomentosum*, tararas *Centrolobium microchaete* y *Platymiscium pubescens*, cedro *Cedrela balansae*, tajibo morado *Handroanthus impetiginosus*, morado *Machaerium nyctitans*, soto *Schinopsis brasiliensis*, y sipapote *Acanthosyris asipapote*.

En la **Región Chaqueña** están amenazadas, entre otras, las cachas *Aspidosperma triternatum* y *A. quebracho-blanco*, guayacán morado o palo santo *Bulnesia sarmientoi* y *B. bonariensis*, palo blanco *Calycophyllum multiflorum*, quebrachos o sotos *Schinopsis balansae*, *S. lorentzii* y otros, y mapajo mollado *Pseudobombax argentinum*.

Las especies amenazadas más notables de la **Región Andina** son las kewiñas *Polylepis* spp. altoandinas y puneñas, los helechos arbóreos *Alsophila* y *Cyathea* y los pinos *Podocarpus* y *Prumnopitys* yungueños, otros árboles maderables como cedros (*Cedrela* spp.), lapacho *Tabebuia lapacho* y laureles; palmeras endémicas *Ceroxylon*, *Parajubaea*, *Syagrus*, y cactus arbóreos como *Neocardenasia*, *Oreocereus*, *Trichocereus*. Descripción de algunas especies arbóreas nativas.

### Descripción de algunas especies arbóreas nativas

A continuación describimos muy brevemente dos especies endémicas y otras especies nativas frecuentemente cultivadas para ornato urbano; otras se pueden encontrar en Montero et al.

#### Pino colorado *Pectinopitys exigua*

También pino de Castilla o pino negro, antes *Prumnopitys exigua* (podocarpácea). Árbol grande, que puede pasar los 20 m de altura y 1 m de diámetro, con hojas simples lineares, alternas,



**Figura 18.** a) Pino colorado (Germaine A. Parada), y b) *Boliviadendron bolivianum* (M. Atahuachi)

formando 'peines' color verde oscuro lustroso cuando maduras. Conos o estróbilos masculinos agrupados en racimos espiciformes y estróbilos femeninos solitarios terminales que dan una semilla. En bosques montanos yungueños y boliviano-tucumanos a 1850-3000 m. Es **endémico** de Bolivia y En Peligro según el Libro Rojo (Fig. 18 a).

#### *Boliviadendron bolivianum*

Sin nombre común conocido, antes *Leucochloron bolivianum* (leguminosa mimosoidea), ahora con género y especie que distinguen a Bolivia. Árbol pequeño de entre 5 a 6 m de altura, con hojas bipinnadas muy finas y flores blanquecinas en capítulos globosos. Tiene una distribución restringida a pocas localidades en los valles andinos con bosque yungueño semidecíduo, en La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. Especie **endémica** y En Peligro (Fig. 18 b).



**Figura 19.** a) Hojas y b) flores del tajibo del abayoy, c) flores de comomosi (Andira)

#### Tajibo del abayoy *Handroanthus abayoy*

Durante muchos años fue confundido con *Handroanthus selachidentatus*, pero en 2022 se lo reconoció como nueva especie (bignoniácea). Es un arbolito de unos 5 m de altura, con corteza corchosa y hojas trifoliadas algo rígidas y flores rosadas. Es **endémico** del sur de la chiquitania en Santa Cruz, típico de la vegetación llamada abayoy (Fig. 19 a).

#### Comomosi *Bougainvillea modesta*

Árbol (nictaginácea) que puede pasar los 15 m de altura, con hojas simples y ovadas. Flores axilares acomodadas en fascículos provistas de brácteas verde amarillento. Es **endémica** de Bolivia y está presente en bosques semidecíduos y ribereños chiquitanos. Es ocupada para madera y como árbol ornamental en zonas donde habita (Fig. 19 c).

### Tajibo morado *Handroanthus impetiginosus*

También tajibo rosado o lapacho, antes *Tabebuia impetiginosa* (bignoniácea). Árbol de unos 15 m de altura o más, con hojas palmaticompuestas, e inflorescencias muy densas y llamativas en tonos rosa. Esta especie está presente en el bosque semideciduo chiquitano, tucumano boliviano y sabanas benianas del sur. Común en calles y jardines de Santa Cruz y otras ciudades. Aprovechado intensamente por su madera dura y pesada. Estatus En Peligro (Fig 20 a).

### Tajibo blanco *Tabebuia roseoalba*

También llamado lapacho blanco (bignoniácea). Árbol de unos 8 m de altura, de hojas trifoliadas e inflorescencias muy llamativas de color blanco rosáceo. Está presente en el bosque semideciduo chiquitano, campos del cerrado y bosque chaqueño.

Se lo ve en aceras, plazas y jardines con su explosiva floración invernal. Casi Amenazado (Fig 20 b).



Figura 20. a) Tajibo morado y b) tajibo blanco, en la ciudad (Andira)

### Toborocho blanco *Ceiba chodatii*

También llamado samuhú, antes en el género *Chorisia*, y luego confundido con *Ceiba insignis* (malvácea). Árbol de hasta 10 m de altura, con tronco muy engrosado y corteza con aguijones. Presenta hojas palmaticompuestas con bordes aserrados y peciólulos elongados, flores con pétalos amarillentos las primeras horas de su apertura y luego de color blanco. Está presente en el bosque seco chaqueño, y cultivado en plazas y parques urbanos. No amenazado. (Fig 21 a)

### Gallito rosado *Erythrina mulungu*

También llamado cosorió o patito, antes *E. dominguezii* (leguminosa papilionoidea). Árbol que puede pasar los 20 m de altura, de hojas trifoliadas con estipelas nectaríferas y flores de color salmón o rosado. Está presente en bosque semideciduo chiquitano y sabanas benianas del sur.

Se lo ve cultivado o silvestre en la ciudad de Santa Cruz y alrededores. Vulnerable. (Fig 21 b)



Figura 21. a) Toborocho flor blanca, y b) gallito rosado (Andira)

### Jacarandá *Jacaranda mimosifolia* y *J. cuspidifolia*

Dos especies similares, de 15 m de altura o más, hojas bipinnadas, inflorescencias densas de flores muy llamativas de color lila y frutos cápsula grandes y leñosos. Ambos se encuentran en los bosques andinos y se usan como ornamentales en las ciudades. *Jacaranda mimosifolia*, también llamado tarco, puede tener flores casi blancas y sus sépalos están pegados a la corola, mientras que *J. cuspidifolia* o paraparú tiene los sépalos separados de la corola y curvados hacia atrás, y su distribución se extiende hasta el bosque chiquitano. Ninguno está amenazado (Fig. 22).

### Algarrobillo *Libidibia paraguariensis*

También llamado guayacán en el sur, antes *Caesalpinia paraguariensis* (leguminosa cesalpinoidea).

Árbol que puede pasar los 10 m de altura, corteza verde y marrón que se desprende en placas. Tiene hojas bipinadas, flores de color amarillo. Está presente en bosque semideciduo chiquitano, bosque seco chaqueño, campos cerrados, sabanas benianas del sur, bosque tucumano boliviano, y valles secos. Madera muy dura y pesada, bicolor. Vulnerable (Fig 23 a)



Figura 22. Jacarandá, a) *J. mimosifolia* (Beatriz Tomasi), y b) *J. cuspidifolia* (Andira)

### Cusé *Casearia gossypiosperma*

También llamado irakíc (salicácea, antes flacourtiácea), árbol que puede pasar los 20 m de altura, tiene hojas simples dispuestas de manera dística, flores de color blanquecino, con muchas brácteas en la base agrupadas densamente. Está presente en bosque semideciduo chiquitano, campos cerrados y yungas. Gran productor de flores, importante para abejas. No amenazado (Fig. 23 b).

### Cupesí o algarrobo *Neltuma chilensis*

Antes *Prosopis chilensis* (leguminosa mimosoidea). Árbol que puede pasar los 15 m de altura, de corteza gruesa, hojas bipinnadas y flores blanquecinas en pequeños capítulos agrupados densamente en racimos espiciformes. Está presente en bosque semideciduo chiquitano, bosque seco chaqueño, sabanas benianas del sur, bosque tucumano boliviano y valles secos. Es una especie frecuente en la ciudad de Santa Cruz, por árboles cultivados o remanentes silvestres antiguos. Su madera es dura y pesada, las hojas sirven de forraje y los frutos son alimento para animales y humanos. No está amenazada (Fig 24)

### Algunos árboles exóticos comunes

Destacamos especies exóticas introducidas en Bolivia, cultivadas o asilvestradas en ambientes periurbanos y rurales.



Figura 23. Flores de a) algarrobillo y b) cusé (Andira)



**Figura 24.** Cupesí o algarrobo en la ciudad de Santa Cruz (Andira)

### **Siete copas *Terminalia catappa***

También llamado árbol de chapeo o 'almendro' (combretácea). Puede pasar los 10 m de altura, tiene ramas laterales horizontales que forman 'planos' de hojas simples muy grandes (15 - 25 cm). Sus frutos son tipo drupa de 5-7 cm, consumidos por los murciélagos nativos. Es originario del sur de Asia y se cultiva en ciudades tropicales como ornato por la arquitectura de sus ramas y su densa sombra. (Fig 25 a).

### **Flamboyan *Delonix regia***

También llamado pajarilla (leguminosa cesalpinoidea), es un árbol que puede pasar los 10 m de altura, con hojas bipinnadas y llamativas flores de color rojo o naranja. Sus frutos tipo legumbre son notables porque pasan los 30 cm de largo. Es originario de Madagascar y se encuentra cultivado como ornato en distintas ciudades por su floración asincrónica y precoz (Fig 25 b).

### **Chamba *Leucaena leucocephala***

También llamada leucaena (leguminosa mimosoidea), es un árbol de unos 8 m, con hojas bipinnadas, flores pequeñas agrupadas en una cabezuela blanquecina y fruto tipo vaina café.

Es originaria del sur de México y Centroamérica, difundida en el mundo para restauración de suelos y forraje en silvopastoreo.

Está ampliamente distribuida en el país, tornándose invasora en distintos ecosistemas, sobre todo en zonas cercanas a cuerpos de agua (Fig. 26 a)

### **Roble australiano *Grevillea robusta***

El roble australiano o grevillea (proteácea) puede pasar los 20 m de altura, presenta hojas compuestas bipinnadas dispuestas de manera alterna, flores nectaríferas en tonos de color amarillo y naranja. Originario de Australia, es cultivado como ornato por sus flores y como cortina rompeviento (Fig 26 b).

## **En defensa de los bosques y los árboles**

### **Legislación nacional y los bosques**

Desde la Colonia hubo normas en Bolivia que protegían a los árboles e intentaban regular el uso de los recursos forestales, aunque con muy poco éxito. Eso pasó con la quina, la goma, el quebracho para el ferrocarril y las maderas finas para exportación. La Pausa Ecológica Histórica (1991) y la Veda General Indefinida (1990, 1999), además de las declaratorias de áreas protegidas, retrasaron en parte la explotación de los bosques hasta que se promulgaron las leyes de Medio Ambiente (1992) y Forestal (1996) con sus reglamentos sobre el aprovechamiento de madera, los desmontes y otros impactos sobre el bosque. También se avanzó con la implementación de la convención CITES y se dictaron

normas puntuales como la prohibición de la corta del molle (*Schinus molle*) en 1991, de la goma en 2004 y de la castaña en 2005 junto con la declaración del día del bosque. A pesar de estas normas y las nuevas leyes de la Madre Tierra (2010 y 2012), la deforestación, la extracción ilegal de madera y la producción informal de carbón vegetal aumentaron. A esto se sumaron los incendios forestales, con frecuencia e intensidad nunca antes vistas, asociados a la colonización y expansión de la frontera agrícola. Estos fuegos, causados a propósito o por negligencia, afectan bosques productivos, áreas protegidas, ranchos ganaderos y comunidades rurales, exacerbando la sequía y los daños al patrimonio natural y privado. El humo contamina el aire de las ciudades, causando serios problemas de salud y de visibilidad en aeropuertos y carreteras, además de la liberación de carbono que ello representa.

### **Los árboles urbanos**

Con la ley nacional de autonomías (2010, 2019), se sancionaron leyes departamentales y municipales declarando áreas protegidas a dicho nivel, y también áreas de conservación en autonomías indígenas. Alcaldías como las de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz de la Sierra, Montero, Warnes y otras ciudades dictaron normas urbanas sobre el arbolado en parques, calles y jardines. En Santa Cruz de la Sierra rige la ley municipal 210 (2015) de protección de todo árbol que se encuentre dentro de los 15 distritos del municipio, para evitar daños o la corta injustificada. Su incumplimiento



Figura 25. a) Siete copas en fruto (Andira), b) flamboyán en flor (Colectivo Árbol)



Figura 26. a) chamba en flor, b) roble australiano en flor (Andira)

por el derribo o poda drástica de árboles sanos tiene sanciones económicas más la reposición y cuidado de nuevas plantas. Muchas veces, la razón para quitar un árbol urbano es porque obstruye una vista de interés comercial o porque las hojas molestan. Una práctica deplorable es el 'anillado de la muerte' donde se corta y retira una franja completa de la corteza que lleva el tejido de conducción para que el árbol muera lentamente (Fig 27 a). Esto no es tan evidente como el uso de una ruidosa motosierra en un árbol sano, que puede despertar rechazo de otros ciudadanos, pero

termina igual más tarde para evitar el riesgo de caída de las ramas muertas. Otros daños comunes son las podas mal planificadas que pueden desequilibrar los árboles, y las infecciones de bacterias y hongos en zonas de cortes o heridas de la corteza. Un ejemplo son las bacterias como *Rhizobium radiobacter* causantes de tumores en tronco y ramas (Fig. 27 b). A esto se suma la tendencia de cubrir con cemento todas las aceras, ahogando la base de los árboles, lo que además impide la infiltración de agua al suelo y aumenta el escurrimiento por las calles cuando llueve.



Figura 27. a) Anillado de un árbol urbano (J.A. Prado), b) tumor en pajarilla y c) tumores y 'encementado' de un jebió (Colectivo Árbol)

## Reacciones de la sociedad civil

Los incendios, la invasión a las áreas protegidas, la destrucción de bosques y la corta de árboles urbanos han motivado opiniones y reacciones adversas de grupos científicos, organizaciones civiles y la sociedad en general. Han surgido varios colectivos en distintos departamentos del país, que de manera organizada se pronuncian tanto en redes sociales como físicamente en la calle, exigiendo el cumplimiento de leyes ambientales y la derogación o creación de otras. A nivel de las ciudades también se nota el rechazo a la pérdida de áreas verdes y de árboles individuales para dar paso a negocios inmobiliarios de beneficios rápidos pero de impactos negativos a pocos años delante. Hay campañas de arborización y concientización en áreas urbanas y peri urbanas, y cada vez más personas se suman a las exigencias de derechos ambientales poniendo a los árboles como patrimonio y bien común.

Han sido notable la respuesta ciudadana a favor de la integridad del cordón ecológico de río Piraí y en contra los incendios en Santa Cruz, y recientemente, por el proyecto carretero que atravesaría la reserva Güendá Urubó que alimenta el acuífero del que se provee la población metropolitana. Cada día es más notorio el aumento de la temperatura global en el planeta y el impacto negativo del calor y la sequía en zonas concretas de la región. En las noticias recientes se mencionan las deficiencias en el suministro de agua potable en la ciudad de La Paz, en la agricultura de los valles andinos Potosí y Chuquisaca y en las áreas ganaderas del este de Santa Cruz.



a) No a la tala de árboles de Cochabamba



b) Colectivo árbol en Santa Cruz.

Figura 28. Grupos de activismo

Los árboles han despertado la atención en muchísimos campos de la ciencia, además de la biología, es por eso que se puede encontrar un sinfín de textos y explicaciones sobre su vida y sus hazañas biológicas que han tenido que realizar para adaptarse a distintos ambientes y no solo ser parte del paisaje si no, organismos cruciales en los ciclos naturales del agua, el carbono, los nutrientes, y también siendo el microhábitat y el sustento de otras especies que viven en el bosque. Esperamos que esta síntesis convenza al lector del rol protagónico que tienen los árboles en los ecosistemas y en la sociedad, tanto como lo tuvieron en el pasado, y que debemos conocerlos y mantenerlos para nuestra supervivencia.

## Glosario

**Biogeografía:** rama de la ciencia que estudia la distribución geográfica de los seres vivos en el planeta y las causas ecológicas y evolutivas de dicha distribución.

**Especie amenazada:** planta o animal susceptible de extinguirse en un futuro próximo y cuyo grado de riesgo puede ser peligro crítico (CR), en peligro (EN) o vulnerable (VU).

**Especie:** Conjunto de organismos con caracteres semejantes, que conviven, se reproducen entre sí y dan descendencia fértil. Se puede subdividir a veces en variedades o razas.

**Familia:** unidad sistemática principal de clasificación botánica, ubicada jerárquicamente entre el orden y el género, cuyo nombre en latín generalmente termina en 'aceae'. Incluye géneros dentro de ella pero que pueden estar agrupadas en subfamilias (terminación oideae) y tribus.

**Género:** unidad sistemática que se encuentra dentro de una familia botánica, y que incluye una o varias especies.

**Taxón:** unidad sistemática dentro del ordenamiento jerárquico en biología que puede ser un orden, familia, género, especie o categoría intermedia.

## Bibliografía

Coimbra Molina, D. Javier. Guía de Frutos Silvestres Comestibles de la Chiquitania. Año 2014. Editorial FCBC. Santa Cruz, Bolivia. <http://fcbc.org.bo/wp-content/uploads/2016/10/Guia%20frutos%20I.pdf>

Jørgensen, P. M., M. H. Nee & S. G. Beck. 2014. Catálogo de las plantas vasculares de Bolivia. Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. Actualización: <http://legacy.tropicos.org/>

Mamani, F., P. Pozo, D. Soto, D. Villarroel y J. Wood. 2010. Libro rojo de las plantas de los cerrados del oriente Boliviano. Santa Cruz. [https://archive.nationalredlist.org/files/2014/07/libro\\_rojo\\_cerrados\\_bolivia.pdf](https://archive.nationalredlist.org/files/2014/07/libro_rojo_cerrados_bolivia.pdf)

MMAYa. 2012. Libro rojo de la flora amenazada de Bolivia. Vol. I. Zona Andina. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, La Paz, Bolivia. 600 p. <http://es.slideshare.net/vladyvostok/libro-rojo-de-la-flora-andina-de-bolivia>,

MMAYa. 2020. Libro rojo de plantas amenazadas de las tierras bajas de Bolivia. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, La Paz, Bolivia. 600 p. buscar en <https://nube.mmaya.gob.bo/index.php/s/XjXJgH2MPFB8WNe>

Montero, J.C., M.J. Justiniano, V. Tapia & K. H. Gaudry. 2013. Árboles ornamentales nativos de Bolivia. Fundación Amigos de la Naturaleza. Editorial FAN, Santa Cruz, Bolivia. <https://www.studocu.com/bo/document/universidad-catolica-boliviana-san-pablo/medio-ambiente-y-sociedad/libro-arboles-ornamentales-nativos-de-bolivia-montero-2013/46025717>

Navarro, G. 2011 Clasificación de la vegetación de Bolivia Centro de Ecología Difusión, Fundación Patiño, Santa Cruz, Bolivia. 713 p.

Toledo M., M. Cruz, W. Pariona y B. Mostacedo. 2005. Plántulas de 60 Especies Forestales de Bolivia: Guía Ilustrada. IBIF, WWF, CIFOR. Santa Cruz, Bolivia. 72 Pag. [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/Books/BToledo0501.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BToledo0501.pdf)

VMABCC-BIOVERSITY. 2009. Libro Rojo de Parientes Silvestres de Cultivos de Bolivia. PLURAL Editores. La Paz. 344 p. [https://archive.nationalredlist.org/files/2015/02/1.1-libro-rojo-parientes-silvestres-de-cultivos\\_mmaya\\_2009.pdf](https://archive.nationalredlist.org/files/2015/02/1.1-libro-rojo-parientes-silvestres-de-cultivos_mmaya_2009.pdf)

[https://www.academia.edu/9625129/Palmeras\\_%C3%BAtiles\\_de\\_Bolivia](https://www.academia.edu/9625129/Palmeras_%C3%BAtiles_de_Bolivia)

<https://colectivoarbol.org/recursos/recursos-conociendo-nuestros-arboles/>

<https://www.fcbc.org.bo/biblioteca/#ds-portfolio-custom-order|documentos|1>

