

Capítulo 1: Definición y alcance de la botánica

Introducción

La botánica es entendida como la ciencia que se encarga del estudio de los organismos vegetales o plantas. Si bien esta definición es clara, ha resultado un poco más confuso tratar de definir el término planta, por lo que aún existe controversia al tratar de establecer qué organismos debieran ser estudiados por la botánica. Tradicionalmente, los botánicos se encargaban de estudiar los organismos que no parecieran ser animales, así que su objeto de estudio incluía seres tan variados como los hongos, las algas, varios grupos de protistas (mohos mucilaginosos, oomicetos, dinoflagelados, etc.), las bacterias fotosintéticas y las plantas terrestres. Hoy día se ha establecido que, 1) varios de estos grupos son polifiléticos y se han ubicado en variados reinos de protistas, 2) los hongos están más cercanamente emparentados con los animales que con las plantas, y 3) las bacterias pertenecen a otro dominio de la vida. En este capítulo se discute acerca de las propuestas de definición para el término planta, se hace un repaso de los organismos tradicionalmente estudiados por la ciencia de la botánica durante su desarrollo, se contextualiza la botánica como ciencia y se indica el alcance y los objetivos de este libro de texto.

Contenido

- 1.1. El concepto de planta ha cambiado frecuentemente durante el desarrollo de la botánica.
- 1.2. Tradicionalmente los botánicos se han ocupado de organismos que no son plantas.
- 1.3. Dado que es una ciencia, la botánica tiene su fundamento en el método científico.
- 1.4. La botánica moderna cuenta con dos poderosas herramientas de trabajo: El herbario y el jardín botánico.
- 1.5. El estudio de las plantas se apoya en varias disciplinas científicas.

1.1. El concepto de planta ha cambiado frecuentemente durante el desarrollo de la botánica.

La botánica (del vocablo griego βοτάνη, que quiere decir hierba), es la ciencia que se ocupa del estudio de las plantas. Si bien esta definición es clara y precisa, resulta un poco más confuso decidir cuáles organismos debieran ser considerados plantas o, dicho de otra manera, cuáles son los seres vivos que se deben aceptar como el objeto de estudio de la botánica. La definición de planta ha variado con el desarrollo de la ciencia, por lo que el término ha sido aplicado a diversos grupos de seres vivos y sigue siendo tema de discusión en la actualidad. ¿Cuáles organismos vivos deben ser considerados plantas y cuáles no? ¿Bajo qué criterios? La clasificación de los organismos vivientes en la antigüedad y en tiempos premodernos se centraba básicamente en la distinción de dos grandes grupos, plantas y animales, siendo la capacidad de desplazamiento el factor más determinante. Las plantas eran estudiadas por botánicos y los animales por zoólogos. Prácticamente todos los organismos que carecieran de desplazamiento eran considerados plantas, siendo ésta quizá la primera característica usada para distinguir un vegetal de un animal. Por esta razón, hongos y otros seres similares fueron siempre considerados plantas y estudiados por los botánicos.

En tiempos modernos se descubrió el proceso de la fotosíntesis, que permitía distinguir dos grandes grupos de organismos según su forma de alimentación: los autótrofos y los heterótrofos. Se asumió que ser autótrofo o inmóvil eran características necesarias para poder ser incluido en el grupo de los vegetales, por lo que los microorganismos fotosintéticos, como algunos protistas y cianobacterias, se consideraron también sujeto de estudio de los botánicos. Así las cosas, hongos, cianobacterias, algas, algunos protistas y la vegetación terrestre representaban el nuevo grupo de plantas. Esta visión ha prevalecido mucho tiempo, razón por la cual es común

que hoy día muchos textos de botánica tengan capítulos dedicados a estos organismos. Más aun, las asociaciones profesionales de botánica incluyen secciones dedicadas a ellos. El inconveniente de esta agrupación es que el término planta incluiría organismos que no descienden de un ancestro común reciente, es decir, dicho término no correspondería a un grupo monofilético. Por esta razón tal agrupamiento no se podría incluir en los sistemas modernos de clasificación.

Terminando el siglo pasado la bióloga Lynn Margulis lideró una novedosa propuesta basada en la existencia de cinco reinos, que proponía clasificar la vida en bacterias (Monera), protistas, plantas, animales y hongos. Actualmente dicha propuesta ha sido también revaluada y se considera que la vida está comprendida por tres Dominios: *Eukarya*, *Bacteria* y *Archaea* (Figura 1.1A). *Bacteria* y *Archaea* son organismos procariotas, lo que en la anterior propuesta se denominó el reino Monera, pero el metabolismo tan diferente de las arqueobacterias (*Archaea*), las hace un grupo tan separado de las bacterias verdaderas (*Bacteria*), como de los eucariotas.

Eukarya comprende los organismos eucariotas e incluye al reino vegetal o de las plantas (tradicionalmente denominado *Plantae*), los animales (*Animalia*), los hongos (*Fungi*) y los protistas. Éste último grupo es polifilético y debe ser dividido en numerosos reinos (algunos de muy pequeño tamaño), según aparezcan nuevos datos filogenéticos. Por ahora se mantiene atendiendo fines didácticos. Es necesario mencionar que los recientes descubrimientos ubican a las algas rojas (rodófitas), a las glaucófitas, a las algas verdes (clorófitas), y a las tradicionales *Plantae* en un mismo subgrupo de eucariotas al que podría asignársele la categoría de subdominio. Por este motivo algunos autores han propuesto trasladar el término *Plantae* a una categoría superior que incluiría a los grupos

recientemente mencionados (rodófitas, glaucófitas, clorófitas y plantas), como reinos dentro de *Plantae*. Aquí es pertinente mencionar una propuesta reciente de Cavalier-Smith, que plantea la existencia de sólo seis reinos, prescindiendo de la necesidad de dominios, la cual, aunque interesante, deberá esperar a ser evaluada en detalle.

Así las cosas, las cianobacterias o algas verdeazules y otros microorganismos fotosintéticos como las bacterias ferrosulfuradas, tradicionalmente estudiadas por la botánica *sensu lato*, son en realidad procariontes, organismos que carecen de un verdadero sistema de endomembranas y actualmente se les considera parte del dominio *Bacteria*. Por lo tanto, su estudio es en realidad tema de la bacteriología. Los hongos, por su parte, son heterótrofos absorptivos que no presentan embrión y han sido agrupados en un reino diferente (reino *Fungi*), de hecho con una cercanía evolutiva mayor a los animales que a las plantas. Por ello sería más apropiado que un capítulo sobre hongos aparezca en un libro de zoología que en uno de botánica, lo cual, sin embargo, parece poco probable que ocurra en el futuro cercano. La ciencia que se encarga de los hongos es la micología (también llamada micetología). De otro lado, las algas representan un grupo de organismos con diversos orígenes evolutivos, cuyas características comunes son básicamente la capacidad de hacer fotosíntesis y el ser acuáticas, por lo que no pueden ser agrupadas en un taxón monofilético. Actualmente se les considera parte del grupo de los protistas y el término alga carece de categoría taxonómica.

Tras eliminar estos grupos del tradicional reino *Plantae*, debido a su evidente situación polifilética, las plantas quedaron restringidas a lo que conocemos como la vegetación terrestre, grupo constituido por organismos vivos eucariotas, con alternancia de generaciones, verdaderos tejidos y reproducción mediada por un

embrión en algún momento de su ciclo de vida, que además son autótrofos fotosintéticos que usan clorofilas a, b y pigmentos accesorios del tipo carotenoide, cuyo principal producto de almacenamiento es el almidón y que presentan una pared celular constituida principalmente de celulosa. Esta definición restringió la aplicación del término planta a la vegetación terrestre, como se mencionó, y sus miembros se pueden subdividir en tres grupos: briófitas, pteridófitas y espermatófitas. Algunos autores agrupan estos organismos bajo el término embriófitas, destacando la presencia del embrión en todas ellas, por lo que los términos plantas terrestres y embriófitas deben ser considerados sinónimos.

Sin embargo, estudios posteriores llevaron a la conclusión que las algas verdes, tradicionalmente conocidas como clorófitas, constituyen el grupo viviente más cercanamente emparentado con las plantas terrestres o embriófitas. En efecto, se piensa que si el ancestro común más reciente de todas ellas estuviera vivo, se le clasificaría dentro de las clorófitas más basales. Dadas sus grandes similitudes y su innegable parentesco por descender de un ancestro común reciente, algunos autores han propuesto entonces que estos dos grupos (clorófitas y embriófitas), sean reunidos en un nuevo taxón monofilético denominado *Viridiplantae* (viridófitas), que literalmente quiere decir <<plantas verdes>> (Figuras 1.2 – 1.4). Las dos principales diferencias entre ellas son la ausencia de embrión y de verdaderos tejidos en las clorófitas, pero algunos autores disminuyen la importancia de estas diferencias para validar a las viridófitas usando, por ejemplo, caracteres moleculares. Otros nombres dados a las viridófitas han sido cloroplástida y clorobionta (*Chloroplastida* y *Chlorobionta*, respectivamente), por lo que el lector debe entender estos tres términos como sinónimos cuando los encuentre en la literatura.

Esta propuesta es correcta en la medida que argumenta una valoración diferencial de las características consideradas derivadas y compartidas (sinapomorfias), pero es la misma razón por la cual algunos autores van más allá e incluyen a las algas rojas u otros grupos como verdaderas plantas en otros esquemas de clasificación más extensos. En cualquiera de estos casos, lo que se hace es darle más valor filogenético a unas características que a otras, lo cual no está exento del todo de subjetividad. Una posición razonable dado el estado actual del conocimiento es que la botánica, también llamada fitología (la ciencia encargada del estudio de las plantas), se debe ocupar de la vegetación terrestre y de las clorófitas (Figuras 1.2 - 1.4), dada su innegable cercanía evolutiva. En otras palabras, la botánica debería definirse como la ciencia que estudia las *Viridiplantae*. Y en efecto esa es la posición adoptada en este libro.

A las algas verdes se les ha asignado tradicionalmente la categoría de división (*Chlorophyta*), siendo los grandes subgrupos que la conforman las charofíceas, ulvoíceas, clorofíceas, pleurostrofíceas y micromonadofíceas. Éstas han sido normalmente consideradas agrupaciones con la categoría de clase, pero actualmente es difícil asignarles un rango taxonómico certero a algunas de ellas. De hecho, algunos autores separan a las charofíceas del resto de algas verdes y las agrupan junto a las plantas terrestres formando un subclado denominado estreptófitas (*Streptophyta*, figura 1.4), cuya categoría taxonómica no ha sido establecida. Si esta postura es correcta, entonces el grupo tradicional de las algas verdes es insostenible ya que resultaría parafilético. De otra parte, las plantas terrestres o embriófitas, se agrupan en tres grandes conglomerados informales: las briófitas, que carecen de sistema vascular y por tanto se les denomina plantas avasculares; las pteridófitas o plantas vasculares sin semilla, que han sido comúnmente llamadas helechos y afines; y las

espermatófitas, que literalmente quiere decir <<plantas con semilla>>. Este último grupo se subdivide a su vez en gimnospermas (que son plantas vasculares con semilla descubierta), y en angiospermas (plantas con flores). La composición interna de cada uno de estos grupos se explica brevemente a continuación, así como el tratamiento taxonómico que se les dá en el libro, pero es necesario comentar que la clasificación interna de las plantas es aún tema de debate y algunos autores no aceptan las divisiones que se presentan aquí, lo cual se discute en más de talle en la unidad V, dedicada a la diversidad vegetal.

Las briófitas comprenden los musgos (*Bryophyta*), hepáticas (*Marchantiophyta*) y antoceros (*Anthocerotophyta*), las cuales se discuten conjuntamente con las algas verdes (*Chlorophyta*), en el capítulo 24. De otra parte, entre las pteridófitas consideradas en sentido amplio, se incluye a las colas de caballo (*Equisetophyta*), los licopodios (*Lycopodiophyta*), las psilotófitas (*Psilotophyta*) y los helechos (*Pteridophyta*), que se estudian en el capítulo 25. Las gimnospermas incluyen a las cícadadas (*Cycadophyta*), las ginkgófitas (*Ginkgophyta*), las coníferas (*Pinophyta*) y las gnetófitas (*Gnetophyta*), que se tratan en el capítulo 26. Por último está el grupo de las angiospermas (*Magnoliophyta*, Capítulo 27), que incluye a todas las plantas con flores y que tradicionalmente han sido divididas en monocotiledóneas y dicotiledóneas. Todos estos grandes grupos serán revisados separadamente en la sección de diversidad, pero es conveniente adelantar que la sistemática moderna continuamente replantea la composición y el rango taxonómico de ellos, por lo cual no existe hoy día una clasificación que se pueda considerar definitiva. En efecto, es casi seguro que dentro del grupo de las pteridófitas será necesario hacer algunos cambios en su composición tradicional para poder conservar el carácter monofilético del sistema de clasificación vegetal (figura 1.4). Así que equisetos,

licopodios, psilotófitas y helechos, muy probablemente verán cambiar sus límites taxonómicos en el futuro cercano.

En este momento es pertinente hacer un comentario acerca de la utilidad de seguir usando términos que no corresponden a categorías taxonómicas monofiléticas. La primera razón para justificarlo es que no hay aún clasificaciones definitivas que hayan clarificado los taxones superiores en las plantas (ni en muchos otros grupos de organismos). La segunda razón radica en que los Términos No Taxonómicos para Grupos de Organismos (*NTGOs* en inglés), son de gran utilidad para describir biotas, ecosistemas y agregaciones biológicas que poseen similitudes o son de importancia ecológica o fisiológica, como sucede con algas, pteridófitas, briófitas, etc., lo cual facilita su estudio. Una reciente y más extensa defensa de su uso está bien justificada en el trabajo de Bolton citado en la bibliografía.

1.2. Tradicionalmente los botánicos se han ocupado de organismos que no son plantas.

Como ha sido difícil desligar de la botánica a aquellos organismos no vegetales que por tradición fueron estudiados por dicha ciencia, la mayoría de textos los incluye para mostrar el campo de acción de la botánica *sensu lato*. En este libro se incluye una ligera descripción introductoria aquí, así como una descripción un poco más detallada en el capítulo 22, en la sección de diversidad. Tales grupos de organismos son:

1) Algas pardas. Son organismos acuáticos, la mayoría de ambientes marinos de zonas templadas, donde son muy abundantes en las playas y acantilados. Algunos géneros como *Sargassum* (Figura 1.5), en ocasiones forman agrupaciones flotantes muy grandes denominadas Mar de los Sargazos, comunes en el Atlántico. Se les

investiga con el fin de producirlas a gran escala para obtener productos alimenticios y combustibles. Actualmente se considera que forman un grupo monofilético de protistas, razón por la cual se les agrupa en la división *Phaeophyta*.

2) Algas rojas. Son organismos acuáticos de zonas tropicales y templadas, tanto marinas como de agua dulce, agrupados en la división *Rhodophyta*. Crecen a grandes profundidades y algunas especies son comestibles y cultivadas a gran escala. Poseen complejos compuestos químicos en sus paredes que las hacen de importancia económica a nivel industrial.

3) Criptomónadas. Son microorganismos fotosintéticos unicelulares, biflagelados, agrupados en la división *Cryptophyta*. Hay unas 200 especies poco conocidas, si bien se sabe que poseen clorofilas a y c, además de carotenoides.

4) Haptófitas. Grupo pequeño de microorganismos fotosintéticos en su mayoría, caracterizadas por poseer una estructura llamada haptonema que se prolonga desde la célula con los flagelos. Poseen clorofila a y se agrupan en la división *Haptophyta* (*Prymnesiophyta*).

5) Crisófitas. Están constituidas por las algas doradas, que son organismos unicelulares o coloniales muy abundantes en el fitoplancton marino y son un elemento fundamental de las redes tróficas marinas. Algunos grupos de crisófitas son muy importantes como componentes del nanoplancton. En conjunto forman la división *Chrysophyta*, con unas 1000 especies conocidas. Algunos autores incluyen a las diatomeas aquí.

6) Diatomeas. Las diatomeas poseen estructuras ricas en silicio en sus paredes celulares que las hacen útiles en la industria. Se considera que hay más de 100,000 especies agrupadas en la división *Bacillariophyta* que tiene la muy

particular característica de poseer paredes celulares compuestas de dos valvas que encajan como las cajas de Petri del laboratorio (Figura 1.6).

7) Euglenófitas. Son microorganismos particularmente abundantes en agua dulce rica en materia orgánica, las cuales se agrupan en la división *Euglenophyta*. La mayoría son unicelulares, pero hay formas coloniales también. Poseen fotorreceptores que les permiten moverse de acuerdo con la orientación e intensidad de la luz, sus células carecen de pared y algunas especies son heterótrofas.

8) Dinoflagelados. La división *Pyrrhophyta (Dinophyta)* está constituida por microorganismos unicelulares biflagelados, abundantes en aguas dulces y marinas. Son los causantes de las mareas rojas, fenómenos en los que la población de estos organismos se incrementa descomunalmente, intoxicando los animales que los consumen directa o indirectamente, incluyendo el ser humano, dado que producen poderosas toxinas.

9) Oomicetos. Microorganismos terrestres o acuáticos que poseen paredes celulares ricas en celulosa, centriolos y dos flagelos. Puede haber formas unicelulares o cenocíticas ramificadas, reunidas en la división *Oomycota*. Hay especies saprótrofas y parásitas, algunas de ellas de extremada importancia económica, como la que produce la pudrición de la papa (Tizón tardío), que causa grandes pérdidas económicas en este cultivo.

10) Mixomicetos. Son microorganismos terrestres que durante su fase vegetativa forman plasmodios con corrientes internas que los hacen mover de manera ameboidea (Figura 1.7). En su recorrido incorporan y digieren levaduras, bacterias y material animal y vegetal en descomposición. Poseen centriolos y sus núcleos se dividen sincrónicamente. Forman esporangios en los cuales se forman esporas por meiosis, las cuales se

dispersan para formar células ameboideas o flageladas que eventualmente se fusionan generando un cigoto que reinicia el estado plasmodial. Actualmente forman la división *Myxomycota*.

11) Dictiostélidos. Es un grupo emparentado con las amibas y se caracteriza por poseer individuos unicelulares ameboideos que se agregan para formar esporangios, pero conservando su individualidad. Se alimentan de bacterias en el suelo, donde son abundantes y se les usa ampliamente en investigación relacionada con diferenciación multicelular. Corresponden a la división *Dictyosteliomycota*.

12) Hongos. Son eucariotas que absorben los nutrientes de organismos vivos o de materia orgánica inerte, a los cuales se agrupa en el reino *Fungi* (Figura 1.8). Algunos ejemplos notables son los Quitridos, Basidiomicetos, Cigomicetos y Ascomicetos. Hay especies unicelulares denominadas levaduras, pero la mayoría son pluricelulares filamentosas y su cuerpo se denomina micelio, el cual está constituido por células alargadas llamadas hifas, las cuales carecen de plastidios y poseen paredes celulares ricas en quitina. Presentan alternancia de generaciones con ciclos reproductivos complejos en los que hay fase sexual y asexual, pero carecen de estado embrionario. Los hongos representan un grupo muy importante económicamente, pues hay numerosas especies usadas en la industria alimenticia y química, mientras que otras son patógenas en plantas y animales. También hay especies que se estudian intensamente en la actualidad por sus posibles usos biomédicos.

13) Bacterias fotosintéticas. Varios grupos de bacterias tienen la capacidad de hacer fotosíntesis, como las bacterias rojas, las verdes y las cianobacterias (Figura 1.9). Las dos primeras usan bacterioclorofilas, poseen un solo fotosistema y son anoxigénicas, mientras que las cianobacterias usan dos fotosistemas, tienen clorofila a y

generan oxígeno durante la fotosíntesis (son oxigénicas), al igual que las plantas.

1.3. Dado que es una ciencia, la botánica tiene su fundamento en el método científico.

La ciencia puede entenderse como la actividad humana que recoge, procesa, clasifica, almacena y analiza información sobre todo el universo. Para que la ciencia funcione son necesarias la observación, la medición y la experimentación acerca del mundo natural, tanto del componente biótico como del inerte. Los experimentos son un aspecto clave que implica la manipulación de un sistema para determinar la validez de una idea acerca de él, la cual se presenta generalmente en forma de hipótesis. Para realizar experimentos científicos es necesario que se ejecuten bajo el ámbito del método científico, un conjunto ordenado de pasos y estrategias que permiten aceptar o rechazar hipótesis (Figura 1.10). Por ello es muy importante que las hipótesis sean falsables, es decir, que sean escrutadas mediante experimentos que puedan arrojar resultados que las contradigan. En cualquier experimentación es necesario que haya siempre un control que sirva como punto de comparación y muchas réplicas para disminuir las probabilidades de error. La experimentación científica también debe ser reproducible, es decir, debe arrojar los mismos resultados si es realizada por otras personas en las mismas condiciones. Adicionalmente, la ciencia construye conocimiento que permita predecir nuevos hallazgos. Así las cosas, falsabilidad, reproducibilidad y predictibilidad, son cualidades inherentes a la ciencia moderna. Se recomienda al lector interesado en la filosofía de la ciencia la lectura del trabajo de Mario Bunge listado en la bibliografía.

Todos estos elementos hacen que la ciencia preserve conocimiento en forma de principios y leyes cuya probabilidad de estar equivocados es baja. En otras

palabras, la ciencia no acumula verdades absolutas, sino que continuamente está sometiendo a prueba sus hallazgos, permitiendo así que exista una capacidad de autocorrección que facilita su avance. Las hipótesis científicas son sometidas a experimentación que permite acumular evidencia a favor de su aceptación o que por el contrario provee información que lleva a descartarlas. Cuando una hipótesis ha sido evaluada durante bastante tiempo y la información recopilada al respecto no permite descartarla, puede ser llevada a la categoría de teoría. El paso siguiente es que permita descubrir una ley de la naturaleza, la cual describe un hecho verdadero acerca de la forma en que funciona el universo. La ley de la gravitación universal es un ejemplo.

La ciencia puede usar dos aproximaciones para funcionar, la forma inductiva y la forma deductiva. En el razonamiento inductivo el científico hace observaciones, toma medidas, analiza los datos y propone hipótesis que serán luego evaluadas. El pensamiento deductivo es básicamente la vía opuesta, ya que se parte de una hipótesis -a menudo llamada <<teoría>>-, la cual es considerada como una explicación académica basada en observaciones previas, que se evalúa seleccionando un experimento adecuado para ello.

Sin importar qué tipo de razonamiento lleve a la generación de las teorías científicas, la ciencia debe mantener su independencia y objetividad, lo cual se logra mediante el juzgamiento crítico del trabajo científico. Nunca debe perderse de vista que las ciencias, bien sea naturales o humanas, tienen como fin último encontrar la verdad, independientemente de las metodologías o estrategias que empleen. Por ello la ciencia se basa en la evaluación de los trabajos científicos por parte de pares académicos, es decir, de personas que poseen niveles similares de conocimiento en un mismo campo de la ciencia. Antes que los resultados de una investigación hagan parte del registro científico permanente, deben ser

evaluados por personas ajenas a dicha investigación que sean expertas en el mismo tema. Esto se hace rutinariamente en las revistas científicas, las cuales son el medio preferido para dar a conocer hallazgos novedosos al mundo científico. En el área de la botánica hay una gran cantidad de revistas de altísima calidad (Tabla 1.1), a través de las cuales se divulga el nuevo conocimiento generado en torno a las plantas.

1.4. La botánica moderna cuenta con dos poderosas herramientas de trabajo: El herbario y el jardín botánico.

El trabajo del investigador botánico ha estado asociado desde sus orígenes a colecciones de plantas secas preservadas y a ejemplares vivos cultivados en jardines, cuyas versiones modernas se denominan herbario y jardín botánico, respectivamente. El herbario actual es una colección ordenada de plantas o algunas de sus partes, las cuales están preservadas en seco o en líquido, en muebles especiales y en condiciones ambientales controladas. Los herbarios se iniciaron en la época de los herbolarios, que eran colecciones de plantas útiles usadas por los médicos en la Edad Media. Tales médicos eran, básicamente, botánicos y usaban dichas colecciones para identificar las plantas con propiedades curativas, ya que los vegetales eran prácticamente la única fuente de sustancias medicinales de la época. En la actualidad los herbarios no sólo guardan especies de utilidad medicinal o agronómica, sino que incluyen plantas silvestres y de diversas regiones del planeta, además de incluir especies de líquenes, algas y hongos.

Los herbarios más grandes del mundo poseen millones de especímenes y están situados en países desarrollados de Norteamérica y Europa (Tabla 1.2), aunque en los países en vía de desarrollo también los hay en buena cantidad. En Colombia, por ejemplo, hay importantes herbarios hasta con cientos de miles de

ejemplares, como el Herbario Nacional Colombiano (COL), donde se guarda importantes colecciones de la flora neotropical. La relevancia de los herbarios ha llevado a la creación de una organización llamada Asociación Internacional de Taxonomía Vegetal (AITV, *IAPT* en inglés), que reúne a los estudiosos en este campo y publica periódicamente el *Index Herbariorum*, con el cual se adjudica a los herbarios su matrícula y abreviatura (acrónimo), los censa y actualiza sus datos generales. La AITV también tiene que ver con la correcta adjudicación de los nombres de las plantas, lo cual regula a través de la publicación de un código internacional de nomenclatura botánica, en cuya versión más reciente realizada en Melbourne en el año 2011, cambió su nombre a Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Hongos y Plantas.

Para poder incluir un ejemplar en un herbario oficial es necesario recolectarlo bien (preferiblemente en estado reproductivo), deshidratarlo completamente en un horno y montarlo sobre una cartulina apropiada (papel de alta densidad y libre de ácido), de manera permanente (Figura 1.11A). Es posible adicionar al ejemplar fotos o fragmentos de la planta como frutos o semillas, los cuales se pueden guardar en bolsillos de la cartulina o en frascos con preservantes líquidos. Una parte fundamental del ejemplar es la etiqueta, que guarda información importante acerca del recolector, el lugar de recolección, la fecha y otros aspectos relevantes del espécimen (Figura 1.11B). Los ejemplares de un herbario proveen información valiosa sobre distribución geográfica (biogeografía), época reproductiva (fenología), interacciones con otros seres vivos (ecología), entre otros aspectos, cuando sus etiquetas han sido llenadas correctamente.

La otra herramienta fundamental para el estudio y cuidado de las plantas que se mencionó, es el jardín botánico (Figura de la portada del capítulo, tabla 1.3),

cuyos orígenes se remontan también a la Edad Media en Europa. Hay, sin embargo, iniciativas por fuera del mundo europeo que pueden ser consideradas también antecesores del moderno jardín botánico, como las chacras incas y los jardines de los reyes árabes. Hoy día el jardín botánico se usa como un lugar dedicado a la investigación, la educación ambiental, la preservación y la reproducción de especies vegetales en peligro de extinción, así como a otras actividades como exposiciones, asesorías, intercambio de material, etc. Algunos jardines poseen su propio herbario y la importancia de aquellos es tal que ha sido necesario crear la Asociación Internacional de Jardines Botánicos (*BGCI* en inglés), organismo que los agrupa y ayuda en su organización e interacción con otras instituciones similares.

1.5. El estudio de las plantas se apoya en varias disciplinas científicas.

La botánica, además de estudiar la diversidad e historia natural de los organismos vegetales y afines, también incluye la investigación de otros aspectos de su biología, los cuales son abordados con la ayuda de varias disciplinas científicas, como se describe a continuación. La morfología tiene que ver con el estudio de la forma y la estructura externa de las plantas, mientras que la anatomía se ocupa de la composición interna de los órganos y tejidos. La fisiología se encarga de estudiar el funcionamiento interno del organismo, así como las respuestas funcionales debido a la interacción de la planta con el ambiente son abordadas por la subdisciplina de la ecofisiología. Las interacciones de las plantas con otros seres vivos y las subsecuentes estrategias adaptativas y de coevolución que surgen de dichas interacciones son estudiadas por la ecología evolutiva, mientras que la sistemática intenta darle nombre y agrupar las plantas con base en su parentesco (relación ancestro descendiente).

Otros ejemplos de subdisciplinas de la botánica son: la etnobotánica, que se ocupa del estudio del uso de las plantas por parte de la humanidad y está fuertemente apoyada por la antropología; la paleobotánica investiga las especies fósiles y trata de reconstruir los pasos evolutivos que originaron la actual flora mundial. De la variación, la herencia, las rutas metabólicas y su control, se encargan la genética, la biología molecular y la bioquímica, mientras que la citología y biología celular abordan el estudio de la estructura y función de las células vegetales. Por último puede mencionarse a la biotecnología, disciplina que usa los seres vivos, o sus partes, para producir productos útiles para la humanidad, siendo la biotecnología vegetal una de las subdisciplinas más activas en la actualidad.

Para finalizar este capítulo, es necesario decir que el principal objetivo de este libro es mostrar de una manera original, sencilla y didáctica, el conocimiento básico que existe actualmente acerca de las plantas terrestres y de sus parientes más cercanos, las algas verdes, con énfasis en las especies tropicales. Se pretende que este texto sea introductorio, es decir, que muestre el panorama general de la botánica actual, y aspira a hacerlo de tal forma que los estudiantes tengan un encuentro placentero con el mundo de las plantas, especialmente aquellos que por primera vez se aproximan al estudio de estos maravillosos organismos. Se aspira también a que este manuscrito anime a las personas a continuar con el estudio, conservación y recuperación del recurso vegetal. Información complementaria y adicional a este libro de texto se encuentra disponible en la página electrónica del autor: <http://labiotrop.weebly.com/>.

BIBLIOGRAFÍA

Alexopoulos CJ, Mims CW & Blackwell M. 1996. *Introductory mycology* (4 ed). John Wiley & sons, Inc., Nueva York, E.U.A.

Bolton JJ. 2016. What is aquatic botany? –and why algae are plants: the importance of non-taxonomic terms for groups of organisms. *Aquatic Botany* 132: 1-4.

Bunge M. 1997. La ciencia, su método y su filosofía. Editorial Sudamericana, Buenos Aires, Argentina.

Cavalier-Smith T. 2004. Only six kingdoms of life. *Proceedings of the Royal Society of London B.* 271: 1251-1262.

Graham LE, Graham JM & Wilcox LW. 2003. Plant biology. Prentice Hall, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, E.U.A.

Izco J. 2004. Jardines botánicos, págs. 637-662 en: Izco J, Barreno E, Brugués M, Costa M, Devesa JA, Fernández F, Gallardo T, Llimona X, Prada C, Talavera S & Valdés B. *Botánica*, 2 ed. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U. Madrid, España.

Jones SB. 1988. *Sistemática vegetal*, 2 ed. McGrawHill, México DF, México.

Judd WS, Campbell CS, Kellogg EA, Stevens PF & Donoghue MJ. 2007. *Plant systematics: A phylogenetic approach*, 3 ed. Sinauer Associates, Sunderland, E.U.A.

Madigan MT, Martinko JM & Parker J. 1999. *Biología de los microorganismos de Brock*, 8 ed. Prentice Hall, Madrid, España.

Margulis L & Schwartz KV. 1998. *Five kingdoms: an illustrated guide to the Phyla of life on earth*, 3 ed. WH Freeman & Co, Nueva York, E.U.A.

McNeill J, Barrie FR, Burdet HM, Demoulin V, Hawksworth DL, Marhold K, Nicolson DH, Prado J, Silva PC, Skog JE, Wiersema JH & Turland NJ. 2006. *International Code of Botanical Nomenclature (Vienna code)*. *Regnum Vegetabile* 146. ARG Gantner Verlag KG.

Raven PH, Evert RF & Eichorn SE. 1999. *Biology of plants*, 6 ed. W.H. Freeman and Co. and Worth Publishers, Nueva York, E.U.A.



Figura de la portada del capítulo 1

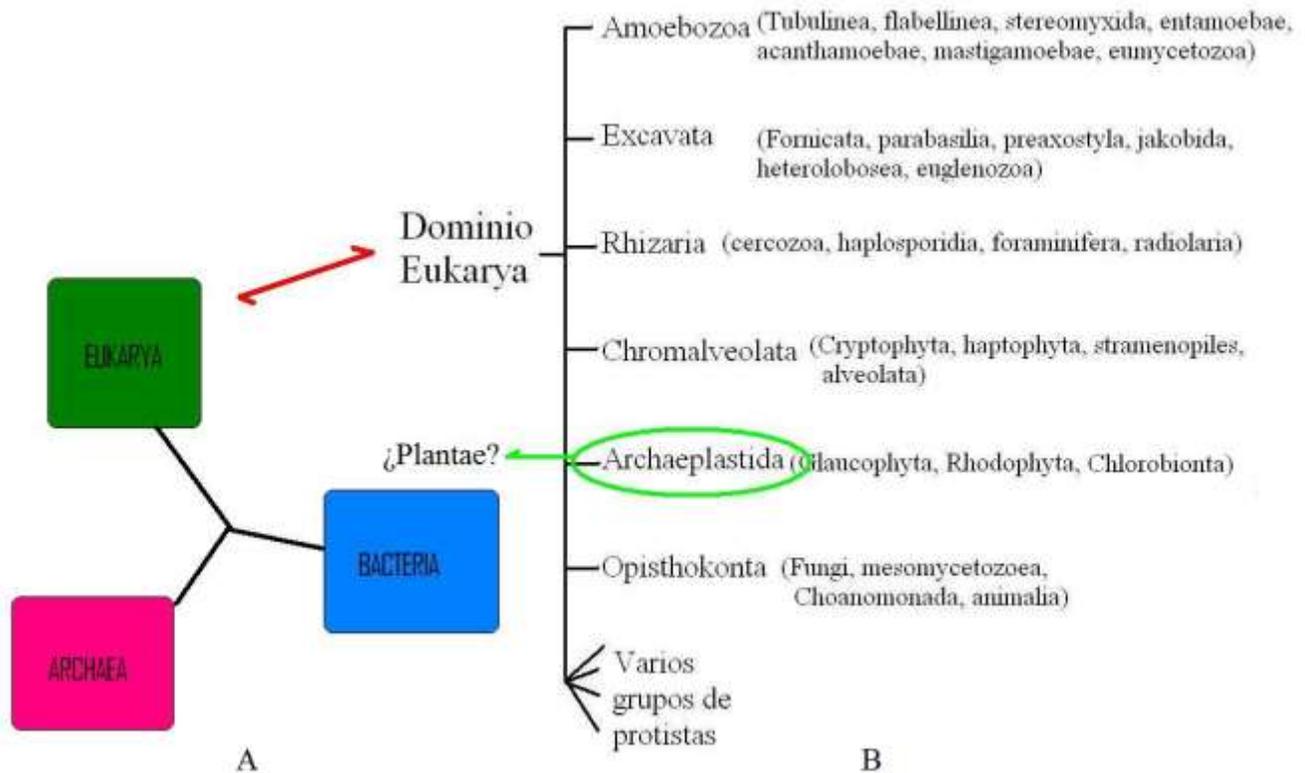


Figura 1.1. Organización de la vida en la tierra y composición de los eucariotas. A) Representación de los tres dominios en los que está organizada la vida: arqueobacterias, bacterias y eucariotas. B) Resumen de los grandes subgrupos de eucariotas cuyas categorías taxonómicas no han sido asignadas definitivamente. Al final del esquema se enfatiza en la falta de conocimiento taxonómico que aún existe para algunos organismos, por lo que el término protista sigue siendo útil aunque no represente una categoría taxonómica válida. Las plantas terrestres y las algas verdes constituyen las *Viridiplantae*, que es sinónimo de *Chlorobionta* y de *Chloroplastida* (ver texto), y se ubican dentro del subgrupo *Archaeplastida*, al que algunos autores proponen llamar *Plantae* en sentido muy amplio.



Figura 1.2. Grupos de seres vivos considerados plantas en el sentido de las viridófitas. A) Algas verdes, B) musgos, C) hepáticas, D) antoceros, E) equisetos, F) lycopodios, G) helechos, H) psilotófitas, I) cícadas, J) coníferas, K) ginkgófitas (*Ginkgo biloba* es la única especie viviente de su grupo, litografía de la <<Flora Japonica>> de P.F. von Siebold y J.G. Zuccarini), L) gnetófitas y M) angiospermas.

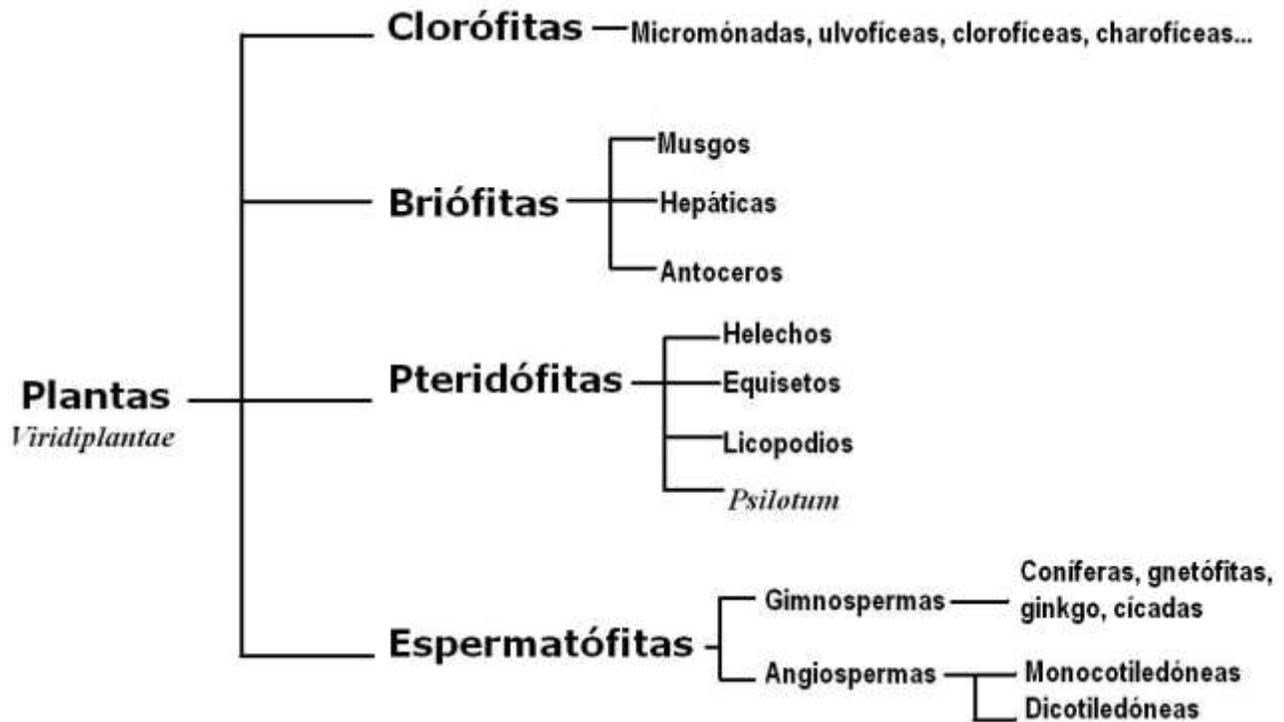


Figura 1.3. Propuesta actual para la composición del reino vegetal, entendido como la fusión de las algas verdes y las plantas terrestres (Viridófitas). Este grupo abarca más de 320,000 especies y comprende las clorófitas (algas verdes), las briófitas (plantas avasculares), las pteridófitas (plantas vasculares sin semilla) y las espermatófitas (plantas con semilla). Algunos de los nombres presentados aquí no corresponden a taxones monofiléticos, pero se mantienen en uso debido a su utilidad didáctica.

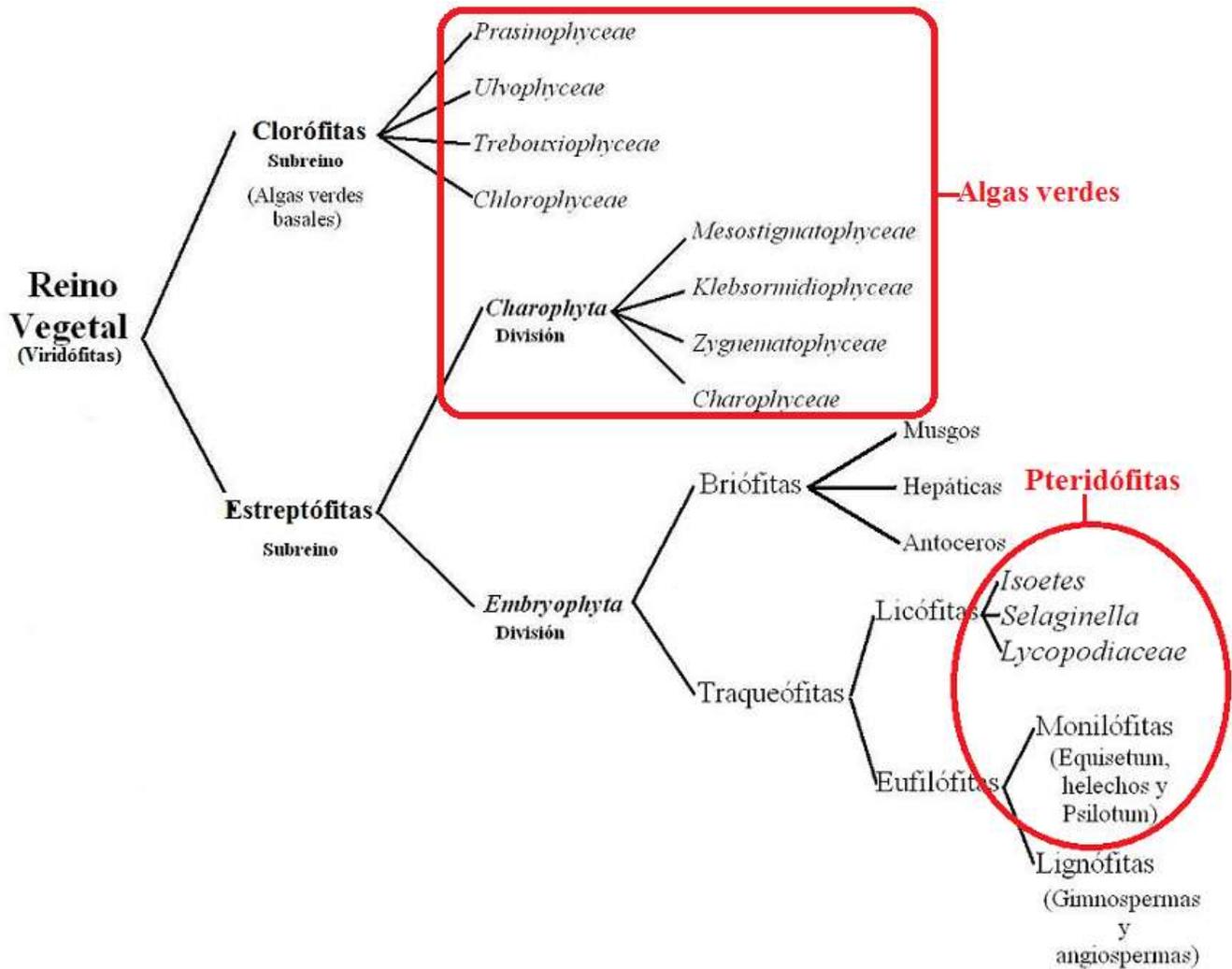


Figura 1.4. Principales grupos que constituyen al reino vegetal en la actualidad. Varios de los grupos tradicionales son insostenibles por su carácter parafilético, como sucede con las pteridófitas (óvalo) y las algas verdes (rectángulo), ya que el término no agrupa a todos los organismos descendientes de un ancestro común dado.



Figura 1.5. Fragmento de un alga del género *Sargassum*. Esta es una de las algas pardas más conocidas, la cual es flotante y forma densas agregaciones de individuos que van a la deriva en el mar (Foto en dominio público cortesía de N.O.A.A., gobierno federal de E.U.A.).

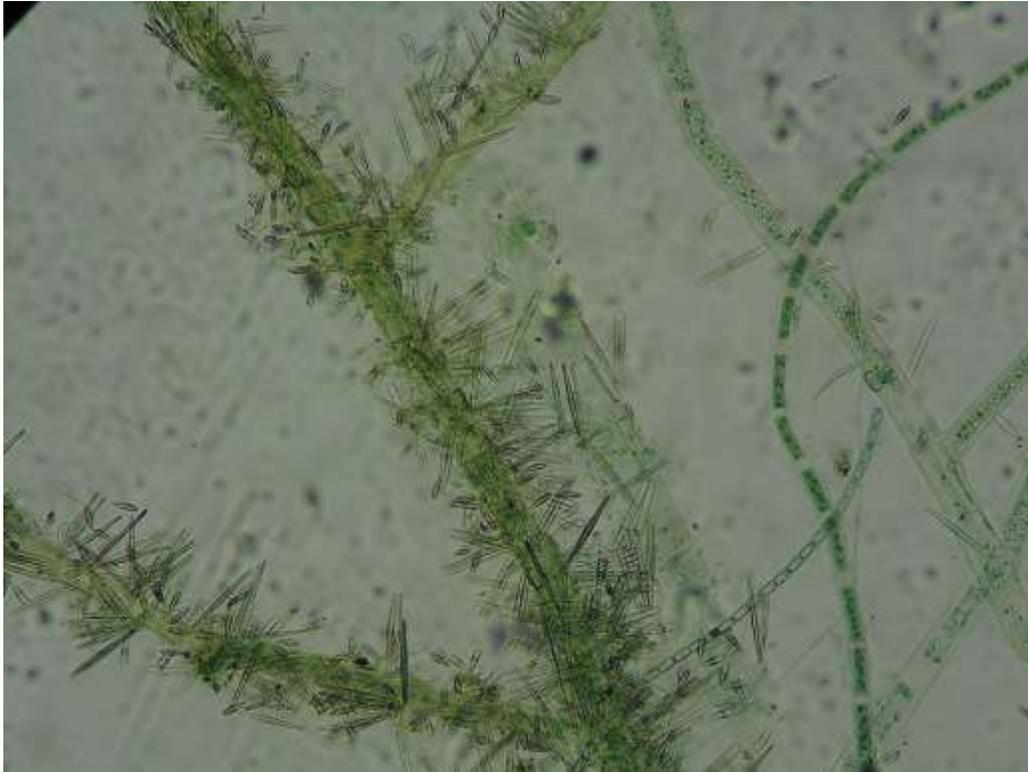


Figura 1.6. Las diatomeas son microorganismos muy importantes en la productividad primaria de los océanos a pesar de su minúsculo tamaño. En efecto, su longitud está en el orden de decenas de micras, aunque algunas especies pueden tener hasta 2 mm de largo. Se observa numerosas diatomeas adheridas a algas verdes filamentosas.



Figura 1.7. Grabado de microorganismos por Ernst Haeckel. Este biólogo alemán representó aquí varios de los organismos hoy considerados mohos mucilaginosos, entre los que se incluye mixomicetos y dictiostélidos. Haeckel, el mismo que acuñó el término ecología, los llamó micetozoos. Esta ilustración forma parte de la obra <<Kunstformen der Natur>> (1904), en dominio público.



Figura 1.8. Cuerpos fructíferos de un hongo en un tronco en descomposición. Los hongos son microorganismos que se tornan visibles sólo cuando producen sus estructuras reproductivas, las cuales son llamadas cuerpos fructíferos. Este grupo es uno de los más importantes descomponedores de organismos muertos en los ecosistemas naturales, por lo que su presencia es vital para el ciclaje de nutrientes.



Figura 1.9. Cianobacteria (*Lyngbya*). Se trata de procariontes fotosintéticos que inicialmente eran considerados plantas, tanto así que durante un tiempo se les denominó algas verdeazules. Actualmente hay interés por ellos debido a su posible papel como fuente de energía renovable, uso alimenticio e investigación básica. Foto en dominio público por cortesía de la NASA, gobierno federal de E.U.A. <http://microbes.arc.nasa.gov/images/content/gallery/lightms/publication/lyngbya.jpg>.

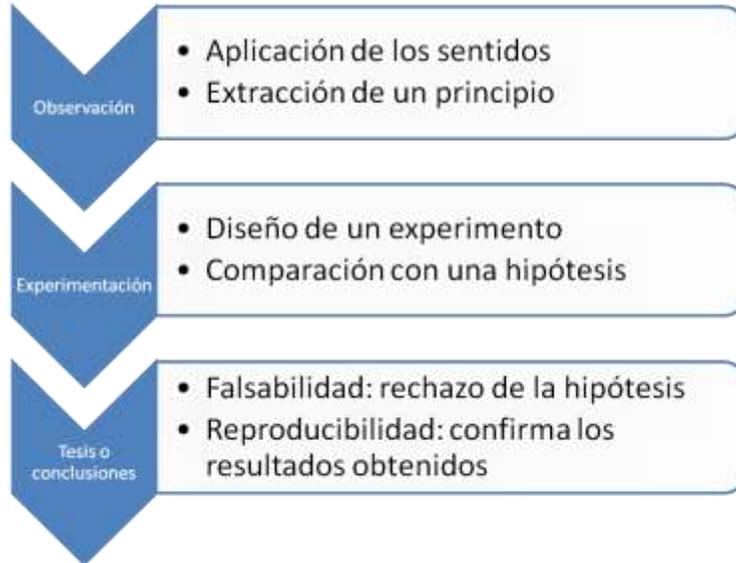


Figura 1.10. Esquema que muestra los componentes generales del método científico. Algunos autores sostienen que no hay un solo método científico sino varios, ya que en algunas disciplinas la realización de experimentos o la reproducibilidad son prácticamente imposibles (ej: la historia o la vulcanología). En todo caso, el método debe entenderse como un conjunto de herramientas y procedimientos que pueden cambiar en el tiempo, pero que están destinados a la construcción de conocimiento verdadero.

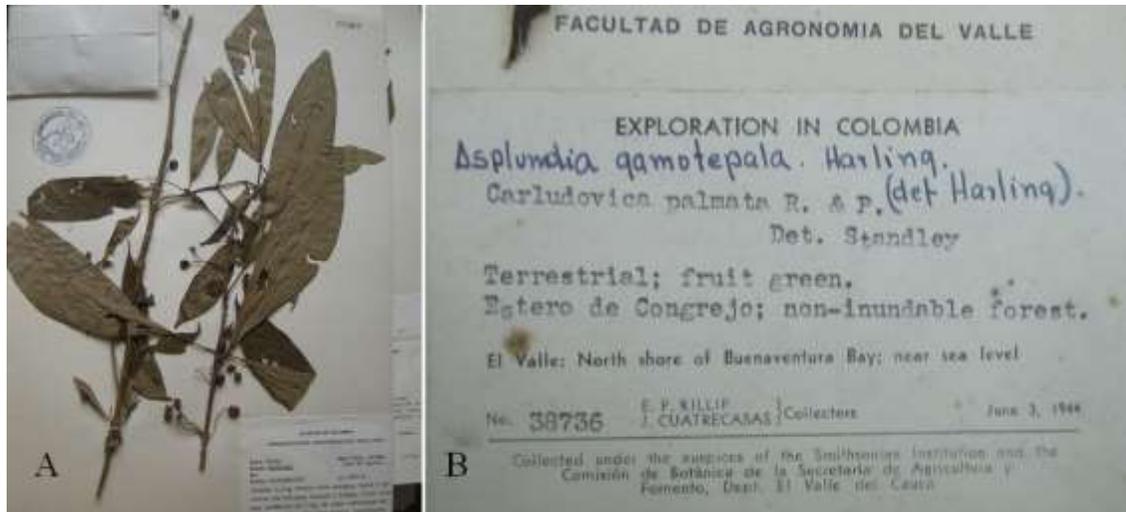


Figura 1.11. Especimen de herbario. La herborización del material vegetal debe concluir con un ejemplar completamente deshidratado y montado en una cartulina apropiada con su ficha informativa. A) La planta de la foto es una gesneriácea del género *Besleria* recolectada en los Farallones de Cali, en un lugar que años después de la recolección fue completamente deforestado. Si la planta no vuelve a crecer en dicho lugar, este ejemplar será quizá la única evidencia que allí existía esta especie. B) Etiqueta de espécimen herborizado. La etiqueta es una parte fundamental del ejemplar, pues en ella se consigna información valiosa como la fecha, la localidad de recolección, las condiciones ambientales y otros datos que se pierden durante la fijación de la muestra, tales como los aromas y colores de las flores. En este ejemplo se observa una clasificación inicial hecha por Standley, quien asoció el ejemplar al nombre científico *Carludovica palmata* R. & P. Sin embargo, dicha clasificación fue posteriormente corregida por Harling manualmente, quien la modificó a *Asplundia gamopetala* Harling.

Tabla 1.1. Algunas de las revistas más importantes en botánica a nivel mundial, regional y local. La ciencia de las plantas es tan diversa que en la actualidad hay revistas especializadas en subdisciplinas particulares, tales como la fitopatología, la biología reproductiva, la etnobotánica o la biología celular vegetal.

Revista	Página electrónica
Botany (antes Canadian Journal of Botany)	http://www.nrcresearchpress.com/journal/cjb
American Journal of Botany	http://www.amjbot.org/
Planta	http://www.springerlink.com/content/
Annual Review of Plant Biology	http://www.annualreviews.org/loi/arplant
Annals of Botany	http://aob.oxfordjournals.org/
Australian Journal of Botany	http://www.publish.csiro.au/?nid=65
Journal of Experimental Botany	http://jxb.oxfordjournals.org/
The Plant Cell	http://www.plantcell.org/
Plant Pathology	http://www.blackwellpublishing.com/journal.asp?ref=0032-0862
Economic Botany	http://www.nybg.org/press/journals_economic.php
Biotropica	http://www.jstor.org/action/showPublication?journalCode=biotropica
Acta Biológica Colombiana	http://www.revista.unal.edu.co/index.php/actabiol
Caldasia	http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/web/dependencia/
Acta Botánica Mexicana	http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/ABM.htm

Tabla 1.2. Herbarios más grandes del mundo y de Colombia. Es notable que las mayores colecciones de plantas colombianas están por fuera del país, en herbarios extranjeros. Esto se debe en gran parte a que grandes expediciones botánicas en el país fueron realizadas por extranjeros y financiadas externamente.

Nombre (Acrónimo)	País	Número de especímenes
Muséum National d'Histoire Naturelle (P)	Francia	> 8,000,000
New York Botanical Garden (NY)	E.U.A.	> 7,200,000
V. L. Komarov Botanical Institute (LE)	Rusia	> 7,100,000
Royal Botanic Gardens Kew (K)	Inglaterra	> 7,000,000
Missouri Botanical garden (MO)	E.U.A.	> 5,800,000
Harvard University Herbaria (GH)	E.U.A.	> 5,000,000
Nationaal Herbarium Nederland, Leiden University Branch (L)	Holanda	> 4,000,000
National Botanical Institute (PRE)	Sur África	> 1,200,000
Moscow State University (MW)	Rusia	> 880,000
Herbario Nacional Colombiano (COL)	Colombia	> 500,000
Universidad Nacional de Colombia – Sede de Medellín (MEDEL)	Colombia	> 52,000
Herbario de la Universidad del Valle (CUVC)	Colombia	> 50,000

Tabla 1.3. Algunos jardines botánicos notables. Estos espacios están dedicados a la conservación de la flora mundial, pero también son centros de investigación científica, propagación de especies, educación ambiental y extensión comunitaria.

Nombre	Localización	Página electrónica
Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis	Bogotá, Colombia	www.jbb.gov.co
Jardin Botanique de Montréal	Montreal, Canadá	www2.ville.montreal.qc.ca/jardin/jardin.htm
New York Botanical Garden	Nueva York, NY, E.U.A.	www.nybg.org
Royal Botanic Gardens	Kew, Inglaterra	www.kew.org
Missouri Botanical Garden	San Luis, MO, E.U.A.	www.mobot.org
Real Jardín Botánico	Madrid, España	www.rjb.csic.es/jardinbotanico/jardin/