

Clasificación botánica y nomenclatura,

una introducción –

*Marc S.M. Sosef
Jérôme Degreef
Henry Engledow
Pierre Meerts*



Clasificación botánica y nomenclatura,

una introducción –

*Marc S.M. Sosef
Jérôme Degreef
Henry Engledow
Pierre Meerts*



Meise Botanic Garden

por Marc S.M. Sosef¹, Jérôme Degreef^{1,2}, Henry Engledow¹ y Pierre Meerts³

¹ Meise Botanic Garden, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgium

² Service Général de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique, Fédération Wallonie-Bruxelles, Rue A. Lavallée 1, B-1080 Brussels, Belgium

³ Herbarium et bibliothèque de botanique africaine, Université Libre de Bruxelles, Av. F.D. Roosevelt 50, CP 265, B-1050 Brussels, Belgium

Copyright © 2021 Meise Botanic Garden, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Bélgica.
Impreso en Bélgica por Drukkerij Bulckens.

Vertido al español por Patricia Barberá (Jardín Botánico de Misuri) y Alejandro Quintanar (Real Jardín Botánico de Madrid).

Esta obra se publica y distribuye en acceso abierto bajo la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (CC-BY 4.0), que permite su utilización, distribución y reproducción en cualquier medio si el trabajo original es citado convenientemente. Se puede solicitar de manera gratuita (mediante el envío de un correo electrónico a webshop@plantentuinmeise.be) un archivo PDF de esta obra, o bien puede ser descargado de la tienda en línea del Jardín Botánico de Meise en la página web <http://shopbotanicgarden.weezbe.com>.

DOI: 10.5281/zenodo.3980300

CIP Royal Library Albert I, Brussels

Clasificación botánica y nomenclatura, una introducción. Marc S.M. Sosef, Jérôme Degreef, Henry Engledow & Pierre Meerts – Meise, Meise Botanic Garden, 2021. - 72 p.; ill.; 22 x 15 cm.

ISBN 9789492663276

Tema: Botánica

D/2021/0325/001



Contenido

Introducción	5
1. La historia de la clasificación	9
1.1 De Teofrasto a la Edad Media	11
1.2 Renacimiento, período prelinneano	13
1.3 Linneo y los linneanos	17
1.4 El pensamiento evolucionista aparece en la teoría de la clasificación	18
1.5 Métodos fenéticos, cladísticos y filogenéticos	19
1.6 Sobre grupos naturales, monofilia, parafilia y polifilia	22
2. Conceptos de especie	26
2.1 ¿Qué es una especie?	27
2.2 Especiación	28
2.3 Táxones subspecíficos	30
3. Reglas de la nomenclatura botánica	32
3.1 El CIN: el libro de leyes	33
3.2 De reino a subforma, categorías obligatorias	34
3.3 El concepto de tipo	35
3.4 Publicación válida y efectiva	35
3.5 Tipos	36
3.6 Autoría del nombre, nombres de nuevo taxon y combinaciones nuevas	39
3.7 Nombres aceptados y sinónimos: la regla de prioridad	40
3.8 Híbridos	42
3.9 Plantas cultivadas	42
4. El arte de la identificación	44
4.1 Claves de identificación	45
4.2 Claves multi-entrada	49

4.3 Código de barras de la vida	51
4.4 Identificación de especímenes de herbario	52
5. El arte de preparar una revisión taxonómica	54
A. Nombres de taxon y estudio de la bibliografía	56
B. El estudio de herbario	58
C. Preparación de una base de datos	60
D. Observaciones de carácter geográfico y ecológico	61
E. Decisiones taxonómicas y nomenclaturales	63
F. Preparación de descripciones taxonómicas, tratamientos, ilustraciones y claves	64
G. Producción del borrador y publicación	67
 Bibliografía	 69

Introducción



La Biología es la ciencia que explora el mundo vivo que nos rodea. Los nombres son necesarios para describir y comunicar la variedad de formas que se encuentran en la naturaleza. La gran diversidad natural puede ser representada mediante una estructura jerárquica en la que para señalar diferentes grupos de organismos se utilizan nombres. Clasificar y nombrar organismos son actos esenciales en la comunicación científica. La disciplina que los enmarca constituye el fundamento sobre el que se basa la investigación biológica y se denomina '**Taxonomía**'. Los taxónomos exploran, describen, nombran y clasifican todos los organismos que viven en la Tierra.

Clasificar y nombrar de manera correcta organismos es crucial para una amplia gama de campos de investigación. Esto también es esencial para abordar diferentes cuestiones acerca del uso sostenible y la gestión y conservación de la biodiversidad, contexto legal incluido. La presente obra nos proporciona una revista de los principios y fases más importantes de la clasificación y la nomenclatura de plantas y hongos, un campo llamado, de ahora en adelante, '**Taxonomía vegetal**'. Vamos a comenzar con un repaso histórico de esta disciplina. Aunque no entraremos de manera exhaustiva en los métodos de reconstrucción de los caminos evolutivos (filogenética), proporcionaremos el contexto histórico de su desarrollo y mencionaremos algunos elementos que tienen una influencia directa en las decisiones taxonómicas. El propósito de esta obra es presentar este campo de investigación y servir de guía práctica al mismo. Como tal, puede ser utilizado tanto por quien está interesado de manera específica en la clasificación y nomenclatura de plantas, como por quien enseña esta materia en instituciones de educación secundaria y superior.

Aunque la información tiene carácter general, la mayoría de los ejemplos empleados provienen de plantas y hongos africanos. Cada capítulo va seguido de un repaso de la bibliografía y las fuentes electrónicas que versan sobre cada particular. Este repaso de ningún modo es exhaustivo y, en él, también predomina la taxonomía de plantas y hongos africanos.

Sus autores esperan que esta obra contribuya al desarrollo del conocimiento específico de la taxonomía de plantas, de manera especial en África central. Esta obra se ha editado en inglés y en francés y será gratuita (bajo una licencia CC-BY—NC) para escuelas de secundaria y universidades (tanto para maestros como para estudiantes) por cortesía del Jardín Botánico de Meise.



La historia de la clasificación





THEOPHRASTVS

Cualquier estudio de carácter biológico comienza con la misma pregunta: '¿De qué organismo se trata?' Tanto si esta pregunta concierne al director de una reserva natural que necesita saber qué especies viven dentro de los límites de la reserva, como si afecta a un primatólogo que estudia el alimento de los chimpancés o a un botánico que estudia los parientes salvajes de la papa en busca de un gen resistente a cierta enfermedad, es necesario que todos ellos sean capaces de identificar y dar nombre al material biológico que estudian. Es evidente la necesidad de que estos nombres sean utilizados de manera uniforme y aceptados en todo el mundo.

Los antiguos griegos y romanos reconocieron la necesidad de un sistema uniforme para nombrar seres vivos. Ellos dieron nombres a 'entidades' que hoy llamamos especies y que tenían caracteres morfológicos y usos específicos. Algunas eran fuente, por ejemplo, de frutos comestibles o de un tinte amarillo, otras tenían propiedades medicinales o eran utilizadas para elaborar instrumentos musicales, etc.

En este capítulo (fundamentalmente basado en Magnin-Gonze 2009 y Rouhan & Gaudeul 2014), resaltamos las grandes fases históricas del desarrollo de la nomenclatura y la clasificación de plantas. El nombre de este campo científico, 'taxonomía', fue acuñado en 1813 por el botánico suizo Agustín Pyrame de Candolle (1778–1841) en su obra *Théorie élémentaire de la Botanique* mediante la combinación de las palabras griegas *τάξις* (orden) y *νόμος* (ley, norma).

1.1 De Teofrasto a la Edad Media

Incluso con anterioridad a la invención del lenguaje escrito, hace aproximadamente unos 5.600 años, es muy probable que existiera un sistema oral de clasificación. En origen, nombres y organismos no formaban parte de sistema jerárquico alguno, ya que las plantas eran nombradas de acuerdo con su uso como medicinas, venenos o materias primas (Raven 2004).

Los griegos probablemente no solo tenían en cuenta la utilidad de las plantas, sino también su belleza; las pinturas murales de Cnosos (1900 a.C.) no solo muestran plantas como la cebada, la higuera y el olivo, también narcisos, rosas y lirios. El griego Teofrasto (372–287 a.C.; figura 1), discípulo del gran filósofo Aristóteles, es reconocido como el primer botánico verdadero. Se interesó en dar nombre a las plantas y en encontrar orden en su diversidad, así como fue el primero en legarnos una perspectiva filosófica de las mismas. Apuntó varias cuestiones importantes que más tarde definirían la taxonomía, como "¿De qué planta se trata? o ¿Cómo diferenciar estas cosas?" Además, fue el primero en examinar las relaciones entre especies

◀ *Figura 1. Estatua de Teofrasto en el jardín botánico de Palermo, Italia.*

de planta y en proponer maneras de agruparlas. Teofrasto describió ca. 500 plantas – que probablemente representaban todas las plantas conocidas en su tiempo – y las clasificó en árboles, arbustos, matas y hierbas. También hizo distinción entre



◁ *Figura 2.*
Plinio el Viejo.

▽ *Figura 3.*
Dioscórides.



plantas con y sin flor, entre árboles caducos y perennes y entre plantas terrestres y acuáticas. Aunque el 80% de las plantas que incluyó en sus obras eran cultivadas, se dió cuenta de que “la mayor parte de las formas salvajes no tienen nombre y poca gente las conoce”, resaltando la necesidad de reconocer, describir y nombrar las plantas que vivían silvestres (Pavord 2005). Finalmente abandonó su sistema de clasificación en árboles, arbustos, matas y hierbas en favor de otro basado en la morfología floral que mejoraba la posibilidad de reclasificar las plantas en grupos de carácter más natural. Teofrasto se adelantó a su tiempo, tanto que sus ideas y conceptos en botánica permanecieron olvidados para Europa durante siglos. Sus obras sobrevivieron en Persia y Arabia y fueron traducidas al griego y al latín en el siglo XV, cuando fueron redescubiertas en Europa.

Durante este largo ‘período oscuro’ de la botánica, común al resto de ciencias en Europa, el romano Plinio el Viejo (23–79 d.C.; figura 2) y el griego Dioscórides (~40–90 d.C.; figura 3) fueron dos figuras importantes. Aunque no aumentaron el conocimiento existente ni mejoraron los métodos empleados para describir, nombrar o clasificar plantas, compilaron el saber disponible y sus obras escritas cobraron renombre y fueron utilizadas de manera profusa. Durante varios siglos, la *Naturalis Historia* de Plinio y *De Materia Medica* de Dioscórides (figura 4) fueron la única fuente de información sobre plantas en Europa y repetidamente copiados. Los ‘herbalistas’ intentaron, a duras penas, asociar las plantas que encontraban en Francia o la Gran Bretaña con aquellas que habían sido descritas del Mediterráneo por Plinio y Dioscórides. A lo largo de la Edad Media, apenas se añadieron nuevos conocimientos a los registrados en las obras antiguas.

1.2 Renacimiento, período prelinneo

El Renacimiento (finales del siglo XIV hasta el XVII) supuso el advenimiento de una nueva era para la ciencia. Los europeos exploraron América, África, Asia y Australia, territorios de los que llevaron a Europa muchas plantas desconocidas. Fueron cultivadas en jardines cuyo número incrementó rápidamente, el primero de los cuales fue fundado a principios del siglo XVI en Italia. Al principio, fueron llamados jardines de simples, más tarde, cuando el interés se desplazó del estudio de las propiedades útiles de las plantas a su

▼ *Figura 4. Página de la Materia Medica de Dioscórides que muestra Cassia fistula.*

estudio por sí mismas, se transformaron en los jardines botánicos que hoy conocemos. Además, tras la invención de la imprenta (1450-1455), la información pudo compartirse y distribuirse con mayor facilidad, estimulando el intercambio de conocimientos científicos y las discusiones sobre los





Vierte Kreutter
buech

Darinn vil schöne vnd kramb

de Kreutter durch den Hochgelehrten Herrn Leonhart Raimvolffen der Artzney Doctor vnd der Stat Augspurg bestellten Medicum gar fleißig eingeleget vnd außgemacht worden. Welche er nit allam in diemont vmb Nissa vnd in der Prouincia vmb Karfilia sonder auch in Syria an dem berge Libano vnd Antilibano auch durch Arabiam neben den fließ Cyptrate in Balbara P Syria Armenia Mesopotamia vnd andern orten in seinen mit Gottes hilffselb nachten dreijährigen kramfen mit großer mühe arbeit geschicklich vnd vnd onkosten

bestimmen hat dauon Kraut in sein an kramfbuech so in dem vuch außgangen ist meldung thuet.

Welchen nach der geburt

M. D. LXXIII.
L. XXIII. vns
L. XXV. Jar.

ACAD

1573

mismos. La gente comenzó a sentir curiosidad hacia el mundo que la rodeaba. Alrededor del año 1530, en el jardín botánico de Pisa, el italiano Luca Ghini (1490–1556) inventó un método revolucionario para preservar las plantas mediante su secado y prensa, de modo que podían ser estudiadas en cualquier momento del año. Los especímenes resultantes fueron guardados en libros conocidos como *hortus siccus* ('jardín seco') hasta que, más tarde, se adoptara el término 'herbario'. Estas colecciones de especímenes constituían bienes valiosos solo al alcance de los ricos (Ghorbanie et al. 2018; figura 5).

Pronto advino la era de los grandes herbarios impresos de Europa occidental, libros ilustrados en los que se describían plantas y sus usos. Estas obras dejaron de escribirse de manera exclusiva en latín (la lengua científica de entonces) y comenzaron a componerse en otras

◁ *Figura 5. Portada del herbario de Rauwolf (1573-1575), conservado en el Naturalis Biodiversity Center, Leiden.*

▽ *Figura 6. Dodoneo y dos páginas de su famoso herbario (Cruydeboeck), impreso en 1554.*

lenguas como el alemán, el inglés, el holandés o el francés. Este hecho puso el conocimiento sobre las plantas a disposición de una cantidad de público paulatinamente mayor. Las obras más famosas de este período son los 'herbals' de Dodoneo (*Cruydeboeck*, 1554; figura 6), Fuchsio (*New Kreüterbuch*, 1543) y Gerard (*Herball, or General Historie of Plantes*, 1597). Los avances del arte también dieron lugar a la producción de nuevas y numerosas ilustraciones de plantas de calidad netamente superior a la de aquellas que habían sido hasta entonces copiadas, una vez tras otra,





de las obras de Dioscórides y Plinio de las que, a menudo, apenas podía deducirse la especie real que representaban.

Cierto discípulo de Ghini, Andrea Cesalpino (1519–1603), fue el primero en criticar la obra de Teofrasto desde los tiempos de los antiguos griegos. Subrayó que las plantas deberían ser clasificadas de un modo más natural que racional. Su *De Plantis Libri XVI* (1583) describe 1.500 plantas que repartió en 32 grupos, incluidas las Umbelliferae y las Compositae. En aquella época, en general, el nombre de una planta era una frase corta y descriptiva de varios de sus caracteres. Por ejemplo, la flor de la Pasión (*Passiflora edulis*) fue llamada *Flos passionis major* ('flor de la Pasión grande'). Sin embargo, a medida que el número de especies provenientes de todo el mundo aumentaba, se necesitaron más caracteres para distinguir unas especies de otras, lo cual resultó en expresiones cada vez más largas. En un catálogo temprano del *Hortus Botanicus* de Leiden (Países Bajos) fundado en 1592, la misma *Passiflora* fue llamada *Cucumis Flos Passionis dictus triphyllus flore roseo clavato* ('pepino o flor de la Pasión, trifoliado, con flores rosas clavadas'; esto último posiblemente en alusión a la forma de los estilos). En pocas palabras, el nombre de una planta también servía como una suerte de resumen diagnóstico. La ciencia botánica divergió paulatinamente de la ciencia médica hasta llevar a cabo el estudio extensivo del número creciente de plantas que llegaban a Europa de todo el mundo. En 1623, el suizo Gaspard Bauhin publicó su *Pinax theatri botanici*, en el que describió no menos de 5.640 plantas distintas que correspondían a especies silvestres, pero también a numerosas formas de cultivo. Más tarde, el británico John Ray publicó los tres volúmenes de su *Historia plantarum species* (1686, 1688, 1704), que contenía más de 17.000 'especies' distintas (también describió un número muy alto de variedades de cultivo, monstruosidades y otras formas). Esta obra innovadora fue la primera en la

◁ Figura 7.
Carlos Linneo.

△ Figura 8. Sistema sexual
de clasificación de plantas
linneano.

que se distinguían monocotiledóneas de dicotiledóneas y se utilizaban claves dicotómicas basadas en el texto para clasificar plantas. En 1694, el francés Joseph Pitton de Tournefort sistematizó el concepto de género, que contribuyó de manera substancial la estructura del sistema de clasificación de las plantas.

1.3 Linneo y los linneanos

Durante la primera mitad del siglo XVIII, el brillante y joven botánico sueco Carlos Linneo (figura 7), o *Linnaeus* en latín, puso orden en el caos nomenclatural que se había formado por entonces. Cuando se encontraba trabajando en los Países Bajos, conoció a los famosos profesores Hermann Boerhaave, Adriaan van Royen y Johannes Burmann, con quienes discutió algunas de sus nuevas ideas.

Primero desarrolló un sistema para clasificar plantas muy claro y fundamentado en el número de estambres y estilos de la flor; al que llamó 'sistema sexual' (figura 8). Reconoció cinco categorías taxonómicas: la variedad, la especie, el género, el orden (con un concepto similar al que hoy tenemos de familia) y la clase. Este simple sistema, aunque provisto de algún fallo, contribuyó a estructurar la taxonomía.

Después sugirió disociar el nombre de las plantas de su descripción. En su famoso *Species plantarum*, publicado en 1753, añadió lo que llamaba 'nombres triviales', una única palabra al margen del tratamiento de cada especie (figura 9). Precedidos por el nombre de género correspondiente, cada uno de ellos conformaría un nombre para una determinada especie y compuesto de solo dos palabras. Fue la consolidación de la nomenclatura binomial (dos palabras) que todavía utilizamos, un sistema en el que el nombre de una especie se compone del nombre de género seguido de una palabra que indica la especie y que se llama **epíteto**. Pronto, otros botánicos reconocieron la simplicidad y el genio que este nuevo sistema nomenclatural entrañaba, así que lo adoptaron en su propio trabajo. Poco después del éxito de su *Species plantarum*, Linneo, también apasionado por la zoología, presentó el mismo sistema aplicado a los animales en su famoso *Systema naturae* (1758).

Linneo viajó a Inglaterra para conocer a Hans Sloane y a Johann Jacob Dillenius quienes, al principio, se mostraron escépticos con respecto a sus nuevas ideas sobre nomenclatura y clasificación, ideas que terminaron aceptando después de pasados algunos años. En París, conoció a Bernard de Jussieu, quien publicaría, junto a su sobrino Antoine Laurent de Jussieu, su *Genera plantarum*. En esta obra sentenciaron que la especie, el género o cualquier otra categoría del sistema de clasificación jerárquico, es decir, lo que ahora llamamos **taxon** (táxones en plural), debería agrupar aquellas plantas que mostrasen caracteres constantes, en contraste con la variabilidad en los caracteres observada entre táxones. Ya que no todos los caracteres resultaban útiles en el mismo nivel clasificatorio, la capacidad de subordinarlos condujo a una jerarquía: aquellos que mostraban gran variabilidad habrían de tener menor peso en la clasificación vegetal que aquellos que tenían un carácter más constante.

886 SYNGENESIA: POLYGAM. SUPERFLUA.

- Doronicum plantaginis folio. *Bauh. pin.* 184.
Doronicum minus officinarum. *Dalech. hist.* 1202.
β. Doronicum, plantaginis folio, lusitanicum. *Tournef. infl.* 488.
Habitat in Lusitania, Hispania, Gallia. &
- incanum.* 3. DORONICUM foliis lanceolatis denticulatis subus tomentosis, caule unifloro. *Roy. lugd.* 160. *Sanct. mesb.* 84. †
Doronicum helveticum incanum. *Bauh. pin.* 185. *prodr.* 97. *Scheuch. alp.* 33. & 333.
Habitat in Alpibus Helveticis, Pironis. &
An etjam femina radii in hoc & sequente papposa?
- Bellidiflorum.* 4. DORONICUM caule nudo simplicissimo unifloro. *Hort. cliff.* 300. *Roy. lugd.* 160. †
Bellidiflorum alpinum, foliis brevioribus hirsutis, caule palmari, flore albo. *Mich. gen.* 32. t. 29.
Bellis sylvestris media, caule carens. *Bauh. pin.* 261.
β. Bellis caule pedali f. bipedali nudo, foliis magnis latis, floribus rubris & albis. *Menz. pag.* t. 8.
Habitat in Alpibus Helveticis, Italici, Tyrolensibus. &

HELENIUM.

- estrenuense.* 1. HELENIUM.
Helenium foliis decurrentibus. *Hort. cliff.* 418. *Hort. upf.* 266. *Gron. virg.* 101. *Roy. lugd.* 180.
Chrysanthemum americanum perenne, caule alato, folio angulato glabro. *Morif. hist.* 3. p. 24. f. 6. t. 6. f. 74.
Aster floridanus aureus, caule alato. *Pluk. amalt.* 43. t. 372. f. 4.
Aster luteus alatus, *Corn. canad.* 52. t. 63.
Habitat in America septentrionali. &

BELLIS.

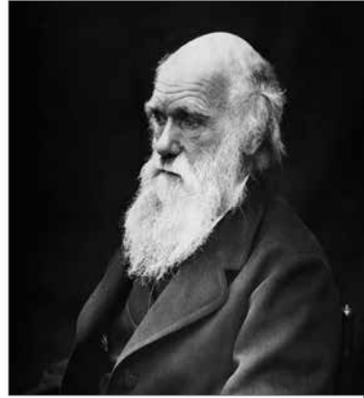
- perennis.* 1. BELLIS scapo nudo.
Bellis scapo nudo unifloro. *Hort. cliff.* 418. *Hort. upf.* 265. *Fl. franc.* 707. *Mat. med.* 405. *Roy. lugd.* 177. *Dalib. parif.* 264.
Bellis sylvestris minor. *Bauh. pin.* 267.
Bellis sylvestris. *Dod. papp.* 265.
- hortensis.* β. Bellis hortensis, flore pleno. *Bauh. pin.* 261.
γ. Bellis hortensis, flore albo bullato. *Tournef. infl.* 491.
δ. Bellis hortensis rubra, flore multiplici situloso. *Tournef. infl.* 491.

A lo largo de este período, el desarrollo de la clasificación y el estudio de la naturaleza también tuvieron implicaciones de carácter religioso. Los biólogos eran considerados científicos que estudiaban las criaturas de Dios, que Él mismo había situado sobre la Tierra. Linneo, en la introducción de su *Species plantarum*, escribió: "En su omnipotente omnisciencia, Dios creó el teatro de cuantas criaturas viven sobre la tierra, y es nuestra divina tarea explorar; indignos como somos, esta gran creación que se nos sirve como ofrenda y, en ella, reconocer Su mano" [traducido con cierta libertad del latín]. En este contexto, uno puede comprender con facilidad como, más tarde, la irrupción de la nueva idea darwiniana acerca de que las especies no fueron creadas por Dios Todopoderoso, sino que habían evolucionado a partir de otras a lo largo de un largo período de tiempo, tuvo tan gran impacto en la sociedad de su tiempo.

△ Figura 9. Página del famoso *Species plantarum* de Linneo que muestra sus nombres triviales en el margen.

Al principio del siglo XIX nuevas preguntas afloraron en la mente de los taxónomos. No estaban solo interesados en nombrar, describir y clasificar organismos, sino también en el origen de la diversidad observada. En 1809, en su

▷ Figura 10.
Charles Darwin.

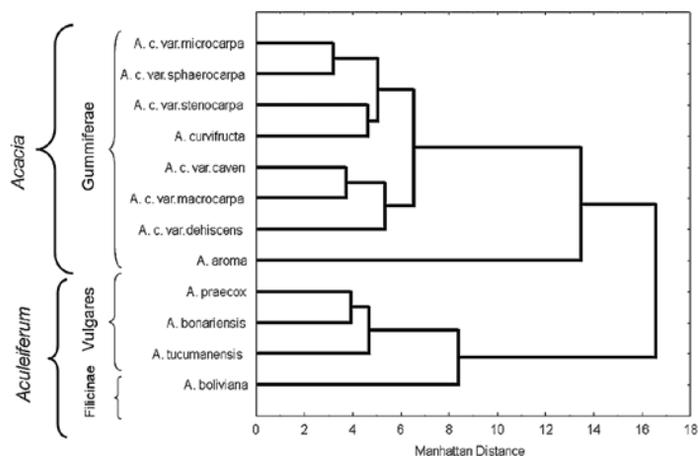


Philosophie zoologique, el naturalista Jean-Baptiste de Lamarck propuso una teoría en la que las especies podían evolucionar y cambiar a lo largo del tiempo.

Discurrieron otros 50 años hasta que Charles Darwin (1809–1882; figura 10) publicara su famosa teoría de la evolución y la supervivencia del más apto en *On the Origin of Species* (1859). De manera independiente, Alfred Russel Wallace (1823–1913) había llegado a la misma conclusión cuando se encontraba trabajando en Asia. (De hecho, la teoría ya se había publicado en 1858, en un artículo firmado por Darwin y Wallace en la revista *Journal of the Proceedings of the Linnean Society: Zoology*.) Darwin presentó el concepto central de descendencia con modificación que recibiera más tarde gran apoyo y que aún hoy sigue siendo generalmente aceptado. El concepto de evolución tuvo su mayor impacto en el desarrollo de la teoría subyacente a la clasificación natural, es decir, la ciencia de la taxonomía. Los biólogos entendieron que, ya que la historia de la vida es una, la única clasificación que era natural era la reflejada en un único árbol de la vida, la **filogenia**. Esta última palabra no fue acuñada por Darwin, sino por Ernst Haeckel (1834–1919) en 1866 en *Generelle Morphologie der Organismen*. Darwin predijo que “*our classifications will come to be, as far as they can be so made, genealogies*” (Darwin 1859, pág. 486). Esta nueva teoría también implicaba que los caracteres útiles en taxonomía eran aquellos heredados de un antepasado común. Sin embargo, Darwin no propuso nuevos métodos o técnicas encaminados a la reconstrucción del árbol filogenético de un grupo concreto de táxones, ni prestó asistencia alguna en su trabajo a los taxónomos.

1.5 Métodos fenéticos, cladísticos y filogenéticos

A principios de los años sesenta, una nueva técnica denominada ‘taxonomía numérica’ vio la luz para producir un resultado similar a un árbol, el **fenograma** (figura 11), sobre el cual, de seguido, pudo fundamentarse una clasificación. En su fundación jugó un papel notable la obra de Sokal y Sneath (1963 y ediciones posteriores), *Principles of numerical taxonomy*. La técnica, también llamada **fenética**, se basó en un análisis de grupos cuantitativo de la similitud global entre táxones, mediante el uso de una matriz de caracteres y táxones con una mezcla de caracteres binarios (presencia de estípulas, sí/no), con múltiples estados (por ejemplo, el color de la flor, con las opciones 1=blanco, 2=amarillo, 3=azul) o continuos (por ejemplo, la longitud de cáliz en mm) y que se traduce en una serie de distancias apareadas entre individuos o táxo-



nes llamados UTO (unidades taxonómicas operacionales). Sin embargo, pronto resultó evidente que la similitud global no indicaba de manera necesaria relación evolutiva alguna. Por ejemplo, ciertas especies podían haber desarrollado caracteres similares porque se habían adaptado al mismo tipo de presión ambiental. Como este método no se basaba en la teoría de la evolución, la variabilidad observada no podía ser interpretada en sentido evolutivo con respecto a los antepasados y descendientes o a los cambios en el estado de los caracteres. A pesar de su capacidad para producir fenogramas con estructura de árbol, estos no representan una clasificación evolutiva natural. Aun así, esta teoría, beneficiada por los grandes avances en la informática, floreció durante un tiempo.

△ Figura 11. Ejemplo de fenograma, con medida de similitud (Manhattan Distance) a lo largo del eje de abscisas (origen: Pometti et al. 2007).

El zoólogo alemán Willi Hennig (1913–1976; figura 12) cambió de manera radical la manera en que los biólogos reconstruían el pasado evolutivo de un determinado grupo taxonómico. En 1960 publicó su teoría cladística en *Grundzüge einer Theorie der Phylogenetischen Systematik*, pero esta permaneció en relativo desconocimiento hasta su traducción al inglés *Phylogenetic Systematics*, que se publicó en 1966. El principio primordial era no utilizar la semejanza global entre táxones para reconstruir la filogenia, sino distinguir entre **estados de carácter primitivos** y aquellos que derivaban de ellos. Solo los **estados de carácter derivados**, llamados **apomorfías**, compartidos por varios táxones indicaban un ancestro común, mientras que los primitivos, llamados **plesiomorfías**, no. Cualquier grupo derivado de un único ancestro común fue llamado 'clado' y la teoría subyacente **cladística**. El resultado de un análisis cladístico es una figura con aspecto de árbol denominado **cladograma** (figura 13), donde las ramas representan, en realidad, uno o más cambios de estado de carácter: Si, por ejemplo, en un grupo de plantas de flor roja aparecen flores azules debido a un cambio evolutivo, 'azul' sería el estado derivado del carácter 'color de la flor' y sería probable que cualquier especie que compartiera este mismo estado hubiera evolucionado a partir de un antepasado

común. El hecho de tener flor roja no indica tal origen común y, así, no sirve como criterio en el que pueda basarse un grupo taxonómico. Si, a lo largo de la historia evolutiva sucediera que el color rojo hubiera derivado de flores blancas, el rojo todavía podría ser considerado un estado de carácter deriva-

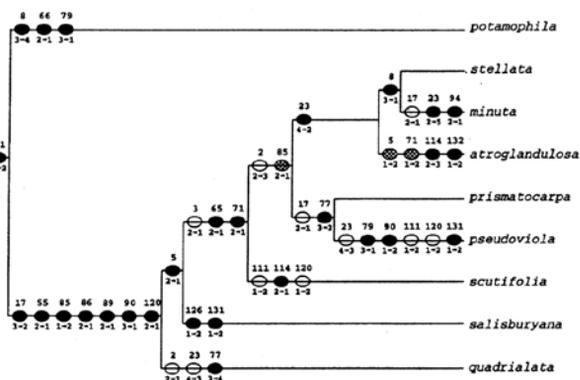


△ Figura 12.
Willi Hennig.

▽ Figura 13.
Ejemplo de cladograma que muestra los caracteres numerados y donde se pueden reconocer apomorfias (puntos negros), paralelismos (puntos abiertos) y reversiones (puntos rayados), así como el cambio en el estado del carácter (bajo cada punto).

do, pero a distinto nivel en la filogenia, y pasar de blanco a azul requeriría entonces dos pasos evolutivos en vez de uno. Se denomina **inversión** al fenómeno que se da cuando un estado derivado involuciona al estado primitivo de nuevo, mientras que la evolución independiente del mismo estado de carácter en dos o más ramas distintas del árbol evolutivo se denomina **paralelismo**.

Además, Hennig arguyó que cualquier decisión taxonómica, desde la definición de una especie hasta el establecimiento de un sistema de clasificación, había de ser tratada como una hipótesis provisional que habría de ser confrontada por datos nuevos o por la aplicación de nuevos métodos. Se desarrollaron varios algoritmos con los que podía construirse un cladograma a partir de una matriz de estados de caracteres de un conjunto de táxones (véase también la figura 18) y el método se vio beneficiado por el rápido incremento de la capacidad computacional de los ordenadores y el desarrollo de la bioinformática. Nuevos campos de estudio, como la citología y la quimiotaxonomía, proporcionaron conjuntos de caracteres adicionales. Con los algoritmos,



Cladogram of the *B. potamophila* group. Only more important characters (those receiving a weight of 1 or more with the 'cocode' command) are depicted; black = apomorphy, open = parallelism, hatched = reversal.

se aspiraba a encontrar el cladograma que necesitase el menor número de cambios evolutivos (o pasos). El argumento residía en suponer que aquellos que necesitasen el menor número de cambios (o hipótesis) representaban la filogenia más probable. Esta idea del "lowest cost" fue llamada '**principio de parsimonia**'. El árbol más corto es, pues, el más **parsimonioso**.

En este nuevo escenario, parecía necesaria una nueva definición de este campo de investigación biológica y acabó acuñándose el término '**biología sistemática**' o simplemente 'sistemática' (Michener et al. 1970). Cubría el dominio completo de la descripción, la nomenclatura, la clasificación, el estudio de los patrones de distribución (biogeografía), las relaciones evolutivas, la evolución de caracteres y las adaptaciones. El término '**taxonomía**' se vio restringido, más tarde, a la descripción, la nomenclatura y la clasificación. Algunos, sin embargo, consideraron sinónimos los términos 'sistemática' y 'taxonomía'.

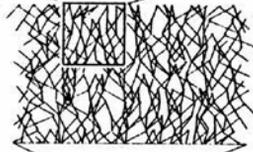
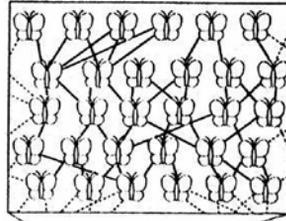
El descubrimiento de la estructura de doble hélice de la molécula de ADN en 1953 por James Watson y Francis Crick, mejoró substancialmente nuestra comprensión de los procesos evolutivos. Solo tras él fue posible manejar fragmentos específicos del genoma (nuclear, mitocondrial o cloroplástico) mediante la amplificación selectiva del ADN por medio de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, "*polymerase chain reaction*") (Kary Mullis 1986), lo cual comenzó a tener un impacto enorme sobre la taxonomía y la clasificación. La utilización de los datos provenientes de secuencias de ADN (Meier 2008) supuso la apertura hacia el uso de numerosos caracteres nuevos y de nuevos métodos estadísticos. Así, ya en el siglo XIX, la utilización de datos moleculares y algoritmos nuevos como el de **máxima probabilidad** ("*Maximum Likelihood*") y el **análisis bayesiano** condujeron a una significativa mejora de nuestra habilidad para producir hipótesis filogenéticas. La 'solidez' o fiabilidad de cada una de las ramas en un cladograma puede ser contrastada mediante la utilización de otras técnicas, como el **bootstrapping** (una técnica de remuestreo estadístico; Holmes 2003) y, de nuevo, la estadística bayesiana. Todos estos logros provocaron una mejora en la delimitación de los órdenes y las familias de las plantas con flor (Angiosperm Phylogeny Group 2016), así como una mayor comprensión de la clasificación fundamentada en relaciones evolutivas.

1.6 Sobre grupos naturales, monofilia, parafilia y polifilia

De lo antedicho se deduce, de manera lógica, que la clasificación del mundo natural en especies, géneros y grupos mayores ha devenido en una búsqueda de las mejores hipótesis sobre la estructura del árbol evolutivo con arreglo a ser capaces de distinguir grupos naturales. En otras palabras, el cladograma producido por uno o varios análisis necesita ser troceado en partes naturales. Sin embargo, hay muchas maneras de hacerlo y requiere, además, que las elecciones estén bien fundadas.

En primer lugar, necesitamos entender que un cladograma no es un árbol filogenético, sino una representación esquemática de una serie de datos cuyas ramas muestran cambios en el estado de los caracteres (morfológicos,

▷ Figura 14. Naturaleza de las ramas de un árbol filogenético, con las relaciones antepasado-descendiente de los organismos.



químicos o genéticos) (figura 13). Ya que en sistemática no se pretende clasificar caracteres, sino especies (o táxones, en general), necesitamos transformar el cladograma en un verdadero **árbol filogenético** que muestre las relaciones ascendiente-descendiente para los individuos, las poblaciones o las especies. En un árbol filogenético, las ramas representan las relaciones evolutivas entre las unidades implicadas en el proceso evolutivo (véase la figura 14) y, por lo tanto, puede ser utilizado para fundamentar una clasificación.

En segundo lugar, necesitamos entender que en nuestro sistema nomenclatural, las reglas son tales que algunas categorías son obligatorias. Todas las especies pertenecen a un género y todo género pertenece a una familia. Cuando creamos un subgénero donde acomodar algunas especies de un género, estamos forzados a hacer otros subgéneros para clasificar el resto de las especies del mismo género (véase también el Capítulo 3). Tenemos que tener esto en consideración cuando apliquemos estas normas a la división de un árbol filogenético en grupos taxonómicos con un determinado nombre.

La mayoría de los taxónomos les dirán que una clasificación es natural solo si está compuesta de manera exclusiva por las así llamadas, '**unidades monofiléticas**', es decir, grupos de táxones que incluyen su antepasado común más reciente, en inglés llamado *the most recent common ancestor (MRCA)*. (Nota: una sola especie puede representar un "grupo" compuesto de un solo elemento.) Cuando se incluye alguna de las especies derivadas del antepasado común más reciente, *pero no todas*, el grupo se denomina **parafilético** (figura 15). El problema es que aunque un cladograma, que representa táxones solo en el extremo de sus ramas (véase la figura 13), pueda matemáticamente ser troceado en grupos monofiléticos (se dice que los nodos de un cladograma representan la distribución de los caracteres de los antepasados potenciales), un árbol filogenético no. Siempre que una especie se separa de su antepasa-



do, dará lugar a un grupo monofilético nuevo, pero siempre dejará atrás un conjunto residual parafilético (Brummitt 2002, Sosef 1997, Horandl 2006, Podani 2010). Muchos prefieren distinguir solamente los grupos monofiléticos que "luzcan mejor", pero pocos parecen caer en la cuenta de que las elecciones de su subconsciente están basadas en un cladograma y no en un árbol filogenético. En consecuencia, semejante clasificación, estrictamente monofilética, no es menos natural que cualquier otra que tolere la parafilia y que, además, es a menudo incapaz de abarcar antepasados extintos, fósiles o especies que se hayan extinguido recientemente. Ejemplos de esto último son el tigre de dientes de sable o el mamut, que representan el residuo parafilético de aquellos de sus parientes que aún viven y que están, de manera inevitable, condenados a sufrir falta de monofilia. Una única especie viva puede ser monofilética (cuando contenga a todos los descendientes de un antepasado común) o parafilética (cuando dé lugar a una nueva especie) y construir una clasificación estrictamente monofilética es matemáticamente imposible. Algunos han tratado de sortear esta situación "indeseada" proniendiendo una convención en la que podamos estar de acuerdo y en la que toda especie sería monofilética por definición, lo que es claramente un horrible error de carácter teórico. En cierto momento, fue desarrollado un nuevo concepto encaminado a dar nombre a los táxones, llamado el *PhyloCode* (de Queiroz 2006), que desechaba la obligatoriedad de recurrir a las categorías taxonómicas, como el género o la familia (a excepción de la especie). Esto significaba que ciertas especies podían pertenecer a un género, pero otras, por ejemplo, podían no pertenecer más que a una familia. Desde un punto de vista teórico, probablemente se trata de un sistema nomenclatural más ventajoso, ya que permite una clasificación estrictamente monofilética pero, desde un punto de vista pragmático, la sistemática no ha querido abandonar el sistema binomial lineano por este de carácter tan estricto.

△ *Figura 15. Árbol filogenético que ilustra el significado de monofilia, parafilia y polifilia.*

En último lugar, un grupo **polifilético** es un grupo de especies en el que el antepasado común más reciente pertenece a un grupo distinto o en el que todos sus miembros derivan de más de un "antepasado común más reciente" (véase la figura 15). En el pasado, tales grupos fueron reconocidos como entidades taxonómicas debido, probablemente, a que compartían uno o más caracteres plesiomorfos, o bien una o más características que no se habían heredado de un antepasado común. Por ejemplo, una especie no relacionada que viviese en el desierto pudiera haber desarrollado, de manera indepen-

diente, pelos para protegerse de la deshidratación. Los casos de evolución paralela o convergente se llaman **homoplasias**, es decir, los caracteres homoplásicos parecen el mismo, pero tienen un origen evolutivo diferente. Todo el mundo está de acuerdo en que tales grupos polifiléticos no son naturales y en que deberían ser eliminados de cualquier clasificación.

Tras haber decidido qué reglas queremos seguir para dividir un árbol filogenético (o un cladograma) en táxones, habrá todavía muchas elecciones que uno pueda hacer y que hagan subjetivo el proceso de clasificar y nombrar táxones. “¿Qué parte del árbol reconoceré como género?”, “¿o sería mejor llamarlo subgénero?”, etc., son preguntas reales a las que uno tiene necesidad de dar respuesta. Cualquier elección que cause una menor perturbación en el sistema ya existente es un argumento válido que promueve la estabilidad nomenclatural.

Bibliografía general sobre sistemática

- Spichiger R-E., Figeat M., Jeanmonod D. (2016) Botanique systématique avec une introduction aux grands groupes de champignons. 4^{ème} édition. Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. ISBN 978.2889151349
- Stace C.A. (1991) Plant Taxonomy and Biosystematics, 2nd ed.. London, Edward Arnold. ISBN 071.3129557
- Stuessy T.F. (2002) Plant taxonomy, the systematic evaluation of comparative data. M/s Bishen Singh Mahendra Pal Singh. ISBN 978-8121102841
- Stuessy T.F., Crawford D.J., Soltis D.E., Soltis P.L. (2015) Plant Systematics. The Origin, Interpretation, and Ordering of Plant Biodiversity. ISBN 978-3874294522

2.

Conceptos de especie



2.1 ¿Qué es una especie?

Los biólogos se muestran generalmente de acuerdo en que la especie es una unidad natural y fundamental. Sin embargo, definir qué es exactamente una especie ha demostrado ser ¡increíblemente difícil! En realidad, esta controversia se da más a un nivel teórico que práctico y ha venido a conocerse como “**el problema de la especie**”.

Uno de los aspectos más importantes de este problema es la variabilidad. La mayoría de las especies animales y vegetales, si no todas, muestran variabilidad y cada individuo, a menudo, se muestra único. En una misma población, la variabilidad puede ser continua (e.g., la altura o el peso) o discontinua (e.g., el sexo o la posesión de los lóbulos de la corola espiralados a derecha o izquierda), ambiental en origen (e.g., el color de flor influenciado por la naturaleza del suelo) o génica (e.g., el tipo de sangre). La variabilidad también puede darse a nivel espacial entre poblaciones (variabilidad geográfica). Incluso cuando dos individuos comparten exactamente el mismo ADN (clones o gemelos), pueden haber desarrollado diferencias morfológicas bajo la influencia de factores ambientales; esto se denomina **plasticidad fenotípica**. El problema de la especie reside, en parte, en la propia historia de cómo los biólogos han abordado la variabilidad. A menudo se piensa que la especie representa una unidad natural. La opinión contraria a esta idea y más extrema afirma que, en la naturaleza, solo hay individuos. Los grupos taxonómicos, incluida la especie, se contemplan como abstracciones humanas creadas por razones prácticas. Pocos científicos aceptan este enfoque nominalista con respecto a la especie, pero muchos creen que es aplicable a las categorías superiores (World Conservation Monitoring Centre 1992).

Se han propuesto múltiples definiciones y conceptos de especie. Estos normalmente han estado ligados a la disciplina de su autor: el concepto taxonómico de especie, el ecológico, el histórico y muchos más. Los conceptos de especie pueden ser divididos en dos grupos principales, aquellos concentrados en el proceso (evolución, exogamia) y aquellos concentrados en el patrón (morfología, aptencias ecológicas). A continuación, los más conocidos:

El concepto biológico de especie. Este concepto se fundamenta en el intercambio de genes. Su defensor más renombrado fue, sin duda, el ornitólogo Ernst Mayr. Definió la especie como “grupo de poblaciones naturales interfértiles y reproductivamente aislado de otros grupos”. Más tarde, fue redefinida como “una población o un grupo de poblaciones cuyos miembros pueden cruzarse en la naturaleza y producir descendencia viable y fértil, sin que puedan producir tal descendencia con miembros de otros grupos”. Este concepto ha permanecido siendo el más aceptado hoy en día. Explica por qué los integrantes de una especie se parecen unos a otros y, a la vez, difieren de los de otra especie. Estos integrantes intercambian material genético y lo transmiten a su descendencia, pero no a los de otra especie. Por tanto, el proceso evolutivo implica mutaciones aleatorias que permanecen en el acervo génico, que adquiere con ello alguna forma de aislamiento. A lo largo del tiempo, estos cambios comenzarán a diferenciar estas poblaciones de otras con similares acervos génicos (o poblaciones). Finalmente, estas diferencias

pueden conducir al aislamiento reproductivo, en el cual los acervos génicos aislados empezarán a actuar como una especie.

En general, los zoólogos se adhieren a este concepto de especie pero el mismo entraña problemas en el mundo vegetal. Mientras que son raros los híbridos animales, se sabe que muchas especies de planta se hibridan y producen descendencia fértil (Grant 1981, Stace et al. 2015). Solo si tales casos son raros y la descendencia es poco viable, las especies parentales pueden mantener su identidad génica y, por tanto, ser reconocidas especies distintas. Más aun, este concepto de especie biológica no se aplica a organismos asexuales; en plantas por ejemplo, la apomixis no permite definir la especie con arreglo al mismo.

El concepto de especie morfológico. Este concepto caracteriza la especie por su peculiaridad morfológica y se aplica tanto a organismos asexuales, como sexuales. Se puede aplicar cuando no hay información acerca del flujo génico, e.g., cuando solo hay disponible especímenes de herbario. Los investigadores pueden disentir en los caracteres que han de utilizarse para diferenciar especies y esto conduce a lo subjetivo.

El concepto evolutivo de especie. Este concepto hace hincapié en la importancia de la especie como unidad evolutiva. La define como "un linaje de organismos interfértiles, aislado de otros linajes reproductivamente y que tiene un principio, un fin y una trayectoria y un destino evolutivo diferentes" (Wiley 1978). Parece, definitivamente, el concepto menos práctico, pero incluye el tiempo como elemento esencial.

Cualquiera que sea el concepto de especie que un científico utilice, la delimitación de una especie realmente representa una hipótesis de trabajo acerca de las relaciones entre los organismos individuales que la componen. Semjante hipótesis sobre qué grupo de individuos forma una especie determinada, puede ser probada mediante el uso de evidencias morfológicas, génicas, de comportamiento o de otro tipo.

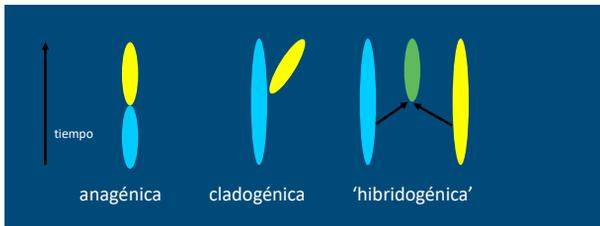
2.2 Especiación

En el contexto evolutivo, fundamentado en el cambio progresivo, las especies son variables en el espacio y cambiarán a lo largo del tiempo. Tales cambios pueden resultar de manera eventual en la formación de una o varias especies nuevas. Este proceso generalmente implica dos etapas: **aislamiento**, en el que uno o más individuos de una especie determinada han dejado de ser capaces de reproducirse y, por lo tanto, ha cesado también el intercambio génico con otros individuos de la especie, lo cual conduce a la **divergencia**. Este último proceso implica la acumulación de mutaciones aleatorias, de manera gradual o instantánea, en la que la adquisición de caracteres nuevos puede ser la causa de que dos entidades aisladas lleguen a ser substancialmente distintas y sean consideradas especies diferentes. Ambos procesos pueden influirse. El aislamiento parcial, en el que el material génico rara vez se intercambia, puede reducir la velocidad con la que dos entidades pueden divergir. De

manera similar, el aislamiento de una población puede verse incrementado por la propia divergencia.

La figura 16 muestra tres procesos posibles que llevan a la especiación. El más fácil de entender es la '**especiación cladogénica**', en la que parte de una especie determinada (que, a veces, puede constar de un solo individuo) se separa y llega a encontrarse aislada. Piense en una sola semilla que llega a través del océano a una isla remota. Tras su llegada, fundará una población nueva que acumulará de manera paulatina mutaciones aleatorias y, por tanto, divergirá de las poblaciones de antepasados del continente. Aprecie que tal proceso, también conocido como '*budding*', no altera la naturaleza de la especie parental, que puede persistir mientras la nueva especie va diferenciándose. El segundo proceso es la '**especiación anagénica**', en la que una especie acumula lentamente mutaciones aleatorias a lo largo del tiempo y llega a ser substancialmente diferente de sus poblaciones parentales, siendo, en consecuencia, reconocida como algo distinto. En este caso, el 'aislamiento' es debido a una separación temporal. Nótese que los paleontólogos que trabajan con fósiles de diferentes marcos temporales querrán definir estos grupos de individuos como especies distintas. Finalmente, la especie puede aparecer instantáneamente mediante **hibridación**, especialmente cuando va acompañada de una duplicación del genoma que haya resultado en organismos poliploides incapaces de cruzarse con miembros de las poblaciones parentales. Este último mecanismo de especiación es raro en animales, pero bastante frecuente en plantas (Grant 1981, Soltis & Soltis 2009).

El proceso de especiación está sujeto a la presencia de mecanismos de aislamiento reproductivo que prevengan la endogamia. A continuación, encontrará un repaso de tales mecanismos, que se dividen en dos grupos: mecanismos de aislamiento anteriores al apareamiento (a la polinización en plantas) y posteriores al apareamiento (a la polinización en plantas).



△ Figura 16. Procesos de especiación.

1) *Mecanismos de aislamiento pre-reproductor* (en plantas):

- a) *Aislamiento geográfico*. Los individuos se encuentran en áreas geográficas separadas por una barrera que no puede ser franqueada por el polen, las semillas o las esporas.
- b) *Aislamiento temporal*. No hay intercambio polínico entre especies porque florecen en momentos distintos del día o en diferentes estaciones.
- c) *Aislamiento ecológico*. Los individuos ocupan diferentes hábitats y, por tanto, el polen no es transferido a cualquier otra especie con distintas apetencias ecológicas.
- d) *Aislamiento etológico*. Especies emparentadas pueden atraer diferentes animales como polinizadores.
- e) *Aislamiento mecánico*. La falta de correspondencia física de las partes de la flor puede evitar la transferencia del polen al estigma, como sucede en las flores heterostilas.

2) *Mecanismos de aislamiento post-reproductivo* (en plantas):

- a) *Incompatibilidad gamética*. El polen alcanza el estigma, pero no germina, o bien el tubo polínico no alcanza el óvulo.
- b) *Mortandad cigótica*. El núcleo polínico alcanza el óvulo, pero el cigoto no se desarrolla.
- c) *Falta de viabilidad del híbrido*. Una planta o embrión híbridos se han formado, pero tienen escasa viabilidad.
- d) *Esterilidad del híbrido*. La planta híbrida es viable, pero también estéril y no produce semillas.
- e) *Colapso del híbrido*. Los híbridos de primera generación (F1) son viables y fértiles pero, a medida que se suceden las generaciones (F2 y retrocruces) se hacen menos viables o estériles.

2.3 *Táxones infraespecíficos*

La evolución es, en general, un proceso bastante lento (al margen de algunos casos particulares de especiación por hibridación). Puede llevar miles de años a una población que ha quedado aislada llegar a convertirse, de manera eventual, en una especie diferente. De las mutaciones que pueden aparecer en el ADN, unas desaparecerán, mientras que otras permanecerán, sin que necesariamente conduzcan a una diferenciación fenotípica. De ello resulta que, al observar el mundo vivo, veamos una variabilidad a muchos niveles que surge a través de procesos varios. Bien podría ser que fuéramos testigos del proceso de especiación durante un cierto período temporal y observar una especie en formación. En algunos casos, cuando el patrón es discontinuo, podríamos aspirar a reflejar esa variabilidad en táxones infraespecíficos. Mientras que los zoólogos solo reconocen la categoría infraespecífica de subespecie, botánicos y micólogos también la variedad y la forma.

La **subespecie** se define como una parte de la especie (una población o más de una) que es diferente del resto bajo un criterio morfológico o genético y que se encuentra, de manera general, en una región geográfica distinta.

La **variedad** se define como una parte de la especie (una población o más de una) que es diferente del resto bajo un criterio morfológico o genético pero que, sin embargo, se encuentra dentro del área de distribución general de la especie. A menudo ocupa un hábitat distinto y tiene distintas aptitudes ecológicas.

La **forma** se define como una parte de la especie que es diferente del resto bajo un criterio morfológico o genético, pero que representa una mutación que aparece solo de manera esporádica en una población.

Conceptos de especie

- Mayr E. (1982) *The Growth of Biological Thought*. Cambridge (MA), Harvard University Press. ISBN 978-0-674-36445-5.
- Pavlinov I., editor (2013) *The Species Problem. Ongoing Issues*. DOI: 10.5772/3313. ISBN 978-953-51-0957-0. <https://www.intechopen.com/books/the-species-problem-ongoing-issues>
- Reydon T.A.C., Kunz W. (2019) Species as natural entities, instrumental units and ranked taxa: new perspectives on the grouping and ranking problems. *Biological Journal of the Linnean Society* 126: 623–636. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blz013>
- Rieseberg L.H., Wood T.E., Baack E.J. (2006) The nature of plant species. *Nature* 440: 524–527. doi:10.1038/nature04402.

3.



Reglas de la nomenclatura botánica

Una vez que se ha estudiado la variabilidad en los caracteres de un grupo y se ha tomado una resolución acerca de las entidades o táxones que han de distinguirse, la pregunta es cuál es el nombre correcto para dichas entidades. En este punto, entramos de lleno en el mundo de la nomenclatura botánica.

3.1 El CIN: el libro de leyes

Tras 1753, cuando Linneo presentó su sistema binomial, solo se habían desarrollado unas cuantas reglas elementales para nombrar plantas. Más tarde, en 1813, Agustín de Candolle en su *Théorie élémentaire de la Botanique* proporcionó un detallado conjunto de estas reglas. Sin embargo, conforme el tiempo fue pasando, se hizo evidente que se necesitaba un sistema de reglas para nombrar plantas que fuese aceptado internacionalmente. Fue Alfonso de Candolle, hijo del anterior, quien convocó a un conjunto de botánicos de varios países para presentar un nuevo conjunto de reglas nomenclaturales. En 1867, organizó el primer Congreso Internacional de Botánica (CIB) en París, que condujo a la publicación del Código de París. Las siguientes reuniones del CIB tuvieron lugar en 1892 (Código de Rochester), 1905 (Código de Viena), 1907 (Código Americano) y 1912 (Código de Bruselas). Sin embargo, el acuerdo general sobre las reglas nomenclaturales solo se logró en 1930, en el CIB de Cambridge. Allí, por primera vez en la historia de la botánica, surgió el primer código internacional que lo era, a la vez, en nombre y función: el **Código Internacional de Nomenclatura Botánica (CINB)**. Hoy en día, este código se compone de un conjunto de principios, reglas y recomendaciones repartidos en sesenta y un artículos, así como las disposiciones necesarias para la gobernanza del propio código. Es parecido a un libro de leyes. Desde 1930, se han realizado numerosas actualizaciones del CINB. En 2011, su nombre se cambió por el de "**Código Internacional de Nomenclatura de Algas, Hongos y Plantas**" (CIN). También se aplica a los fósiles de los grupos mencionados (véase Turland et al. 2018).

Las propuestas encaminadas a la modificación de este código se publican en la revista *Taxon*. Cada seis años, al comienzo de cada Congreso Internacional de Botánica, se da la llamada 'Sesión Nomenclatural' que puede llevar una semana entera y en la que taxónomos de todo el mundo se reúnen para discutir todas las propuestas publicadas durante el lapso de tiempo transcurrido desde el anterior congreso. Cada institución dispone de un número determinado de votos en función de número de investigadores que compone su plantilla. Los cambios en las reglas de la nomenclatura botánica se deciden mediante un proceso democrático.

A continuación, esbozaremos las reglas más importantes. Es necesario tener en cuenta que ha de consultarse, especialmente en los casos que revistan mayor complejidad, la última versión de este código. La versión inglesa del mismo es la única oficial, por más que se hayan realizado traducciones en otras lenguas.

3.2 De reino a subforma, categorías obligatorias

Se conoce como 'taxon' (en plural 'táxones') cualquier grupo taxonómico, ya sea una familia, una especie o una variedad. Los nombres de los táxones por encima de la categoría de especie se componen de una única palabra y aquellos de las subtribus o de categorías superiores tienen una terminación particular. De las categorías taxonómicas, solo algunas son obligatorias. A continuación, ofrecemos una lista de las categorías más utilizadas para plantas, algas y hongos, con su terminación particular. Las categorías obligatorias aparecen en letra **negrita**.

CATEGORIA	PLANTAS	ALGAS	HONGOS
Reino/Regnum	-tae		
División/Phylum	-phyta		-mycota
Subdivisión/Subphylum	-phytina		-mycotina
Clase	-opsida	-phyceae	-mycetes
Subclase	-idae	-phycidae	-mycetidae
Superorden	-anae		
Orden	-ales		
Suborden	-ineae		
Superfamilia	-acea		
Familia	-aceae		
Subfamilia	-oideae		
Tribu	-eae		
Subtribu	-inae		

Por debajo de la categoría de subtribu, el nombre de un taxon no tiene una terminación particular. Las más importantes son (obligatorias en **negrita**):

Supergénero
Género
 Subgénero
 Sección
Especie
 Subespecie
 Variedad
 Subvariedad
 Forma
 Subforma

Los nombres de taxon opcionales se componen de una palabra que sigue al nombre de la categoría obligatoria inmediatamente superior en la jerarquía. El nombre de una especie se compone del nombre de su género seguido de otro que indica la especie y es llamado **epíteto**. El nombre de una categoría infraespecífica está compuesto de una sola palabra, añadida al de especie. La primera letra del epíteto específico y de todos los nombres infraespecíficos siempre es minúscula, mientras que la de los nombres por encima de la categoría de especie es mayúscula. Algunos ejemplos:

Amanita subgen. *Amanitopsis*

Begonia sect. *Scutobegonia*

Poaceae tribu *Andropogoneae*

Monotes rubriglans subsp. *upembensis*

Chlorophytum gallabatense var. *micranthum*

3.3 El concepto de tipo

La aplicación de los nombres de taxon en las categorías superiores a la familia puede estar determinada por el nombre de uno de los géneros incluidos en las mismas (e.g., el orden Asparagales se deriva del nombre de género *Asparagus*), o bien puede ser un nombre meramente descriptivo (como la división Spermatophyta). La aplicación de los nombres de taxon en las categorías de familia o inferior, sin embargo, se determina por medio del tipo nomenclatural. Un tipo nomenclatural es el elemento al que un determinado nombre se encuentra ligado de manera permanente. No importa que tal nombre sea el aceptado o un sinónimo cualquiera.

El tipo de un nombre de especie o de taxon infraespecífico es un único espécimen conservado en un herbario o una ilustración. El tipo de un nombre de género (o de cualquier subdivisión de género) es el espécimen tipo (o ilustración) del nombre de la especie tipo (la primera especie descrita en ese género o designada como tal por el propio autor). El tipo de un nombre de familia (o de cualquier subdivisión de familia) es el mismo que el del nombre de género del que deriva. Advierta que el tipo nomenclatural no es necesariamente el representante más típico de un taxon. Puede encontrar más información sobre los tipos más adelante, en la sección 3.5.

3.4 Publicación válida y efectiva

La publicación original (la primera) de un nombre se llama **protólogo**. Con arreglo a ser aceptado formalmente, un protólogo ha de cumplir varias condiciones. Si no las cumpliera, el nombre no se acepta de acuerdo con el CIN y es descartado. Un nombre nuevo tiene que publicarse, a la vez, de manera efectiva y válida.

Para que la publicación de un nombre (de género o de una categoría inferior) sea **efectiva**, ha de distribuirse a dos lugares accesibles al público (por ejemplo, bibliotecas) (Art. 29). Desde el 1 de enero de 2012, también se aceptan publicaciones en formato electrónico (PDF) si tienen un número ISSN o ISBN.

Para que un nombre se publique de manera **válida**, debe estar:

- publicado de manera efectiva
- asociado con la categoría taxonómica que representa (a partir del 1 de enero de 1953) (Art. 37)
- acompañado por una descripción o **diagnosis** que explique en qué se diferencia de otros táxones emparentados. Entre el 1 de enero de 1935 y el 31 de diciembre de 2011, las descripciones o diagnosis debían ser latinas, mientras que con posterioridad a esta última fecha, también pueden publicarse en inglés (Art. 39)
- acompañado por la indicación clara del espécimen tipo, desde el 1 de enero de 1958 (Art. 40.1). Tras el 1 de enero de 1990, también debían indicarse el herbario donde está depositado el tipo (Art. 40.7). Los herbarios se citan generalmente mediante un acrónimo estándar que puede encontrarse en Thiers (actualización continua).

En botánica, el epíteto específico no puede coincidir con el nombre del género en cuestión. En zoología sí se permite (por ejemplo, los nombres del sapo común, *Bufo bufo*, y la jirafa, *Giraffa giraffa*). Tales nombres se denominan **tautónimos** y el CIN los considera inválidos.

De cuando en cuando, alguien publica un nombre que resulta ser el mismo que otro que fue publicado antes. Ambos nombres se denominan **homónimos** y el CIN los considera **ilegítimo** al más reciente.

3.5 Tipos

Es esencial para la nomenclatura botánica (y para la zoológica) que el espécimen tipo ligado a un nombre sea el correcto. Cuando el tipo es incierto, hay un cierto número de reglas dispuestas para lidiar con este tipo de problema.

En botánica, una recolección se indica mediante la cita del recolector de la misma y de un único número de recolección asociado, por ejemplo *Lebrun 1234*. (Cuando un espécimen tiene un código de barras asociado, este puede ser citado de manera adicional.) En el campo, un recolector a menudo toma varias muestras o especímenes de la misma planta o de la misma población y les adjudica el mismo número de recolector (e.g., *Lebrun 1234*). Por tanto, una misma recolección puede comprender una serie de duplicados que, con frecuencia, son repartidos entre varios herbarios a cambio de otros materiales duplicados. El tipo del nombre de una planta, sin embargo, solo puede ser

un espécimen, denominado **holótipo**. Cualquier duplicado del holótipo se llama **isótipo**. Aunque los isótipos pueden ser muy útiles para la investigación, cuando se aplican las reglas de nomenclatura solo se considera el holótipo. Del mismo modo que una planta o un hongo secos, una ilustración también puede servir de holótipo.

Cuando el protólogo no menciona de manera expresa la existencia de uno o más duplicados, el espécimen que se encuentra en el herbario en que trabajó su autor, o bien en cualquier otro al que el mismo pudiera haber tenido acceso para la preparación de la descripción del nuevo taxon, puede ser considerado el holótipo.

El resto de las recolecciones citadas en el protólogo, pero que no pertenecen a la misma recolección que el tipo, se denominan **parátipos**.

Antes de 1958, uno no estaba obligado a indicar el espécimen tipo de un nombre nuevo. Consecuencia de esto último es que, normalmente, en los protólogos publicados antes de esta fecha se mencionaban las recolecciones que habían sido utilizadas por el autor del nuevo taxon, antes que el tipo. Todas estas recolecciones se consideran 'material original' y son llamadas **síntipos**. Como un nombre solo puede tener un único tipo, uno ha de elegir un tipo de entre este material original (las recolecciones citadas y sus duplicados). Este tipo elegido se denomina **lectótipo**. Los duplicados del lectótipo, **isolectótipos**. Cuando alguien publica una lectotipificación, es obligatorio añadir la expresión "aquí designado" u otra similar.

Cuando todo el material original, ilustraciones incluidas, se ha perdido (hecho constatado tras haber realizado una búsqueda exhaustiva), está permitido seleccionar un tipo nuevo que se llama **neótipo**. Los duplicados del neótipo, son **isoneótipos**. Cuando se hace un neótipo, uno a menudo intenta seleccionar que haya sido recolectado en la misma localidad en que lo fue el tipo o en otra cercana, pero no es obligatorio. En general, es deseable hacer un neótipo cuando la estabilidad nomenclatural esté garantizada y tal acto no implique un cambio de nombre.

Ejemplos y tipos

Cita de holótipo e isótipos:

Solanum aculeastrum Dunal (1852: 366). – Tipo: Afrique du Sud, Cape of Good Hope, eastern part near Morleg, 1500 ft, 1838, Drège s.n. (holo-: G-DC; iso-: AD, BM, K, P).

Explicación: El protólogo del nombre de especie *Solanum aculeastrum* fue publicado por Dunal en 1852. En el protólogo se menciona que Dunal vio un único espécimen recolectado por Drège sin número de recolección (*s.n.* = *sine numero*) y que él lo vio en el herbario de De Candolle, que está guardado en Ginebra. Así, ese espécimen (en G-DC) debe ser considerado el holótipo. Más tarde, se localizaron

duplicados de esta recolección en Adelaida (AD), el Museo Británico (BM), el Real Jardín Botánico de Kew (K) y el Museo Nacional de Historia Natural de París (P).

Designación de lectótipo:

Antephora elegans var. *africana* Pilg. (Pilger 1901: 119). — Tipo: D.R. Congo, Stanley-Pool, June 1899, *Schlechter 12508* (lectótipo: B [B 10 0168252], **designado aquí**; isolectótipos: B [B 10 0168251], BR [BR0000013591571], K [K000281098], P).

Explicación: En el protólogo de *Antephora elegans* var. *africana* se citaron cuatro especímenes, *Buchholz 1875*, *Dinklage 464*, *Dewèvre 120* y *Schlechter 12508*, que deben ser considerados sintipos y constituyen el material original. Dado que el autor trabajó en Berlín (B), es probable que el material allí presente sea parte del material original y susceptible de utilizarse para elegir lectótipo. Todos los especímenes, excepto el de *Schlechter*, faltan en B y, presumiblemente, se perdieron en el incendio de 1943. Hay dos pliegos de *Schlechter 12508* en B. A uno de ellos no le quedan espiguillas y el otro conserva varias en un sobre pegado al pliego. Este último es el seleccionado como lectótipo, con duplicados en el Jardín Botánico de Meise (BR), el Real Jardín Botánico de Kew (K) y el Museo Nacional de Historia Natural de París (P). Una vez que los especímenes se encuentran disponibles, se añaden los códigos de barras.

Designación de neótipo (cuando es una ilustración, también iconótipo, véase la figura 17):

Dracaena sanderiana Sander ex Mast. (Masters 1892: 731). — Neótipo (**designado aquí**): Gard. Chron., ser. 3, 13: 445 (1893), f. 65 (iconótipo).

Explicación: *Dracaena sanderiana* fue exhibida por el horticultor Sander en una exhibición internacional en Earl's Court en 1892 y publicada este mismo año por Masters con una descripción, pero sin ilustración. No se ha hallado el material original de la planta exhibida, que probablemente no fue conservado. Un año más tarde, Sander exhibió *D. sanderiana* en Ghent y publicó una ilustración de la misma en Gard. Chron., ser. 3, vol. 13 (1893) que probablemente represente la misma planta exhibida en 1892, y de aquí que sea designada neótipo.

Finalmente, si el holótipo fuera tan escaso como para impedir diagnosticar de manera adecuada un taxon (observe que el tipo también puede ser una ilustración en la que algunos detalles puedan no resultar patentes), uno puede seleccionar un 'tipo de apoyo', denominado **epítipo**, con el objeto de no dejar duda acerca de la identidad de un taxon determinado. De nuevo, la prudencia es importante a la hora de elegir un epítipo, de modo que la estabilidad nomenclatural esté garantizada.

Es importante advertir que el Código define 'especimen' como una recolección, de una única especie o de un taxon infraespecífico, que puede incluir un único organismo, partes de uno o varios organismos, o muchos organismos pequeños. Un espécimen se monta habitualmente sobre un único pliego de herbario (sobre varios, si se hicieran duplicados) o en una preparación equivalente, como una caja, un paquete, un frasco o una preparación microscópica.

3.6 Autoría del nombre, nombres de nuevo taxon y combinaciones nuevas

El nombre de quien publica un taxon nuevo, es decir su autor, se sitúa a continuación del nombre del taxon en cualquier documento formal u oficial. La autoría de un nombre se abrevia a menudo mediante un sistema de abreviaturas estándar que publicaron Brummitt y Powell (1992) y cuya base de datos en línea es actualmente gestionada por el IPNI (at <http://www.ipni.org>).

De vez en cuando, un autor publica un nombre de taxon en un trabajo publicado por otro (tanto si es un capítulo de libro o solo parte de un artículo). En este caso, uno puede citar ambas autorías mediante el conector 'in'. Por ejemplo, *Verrucaria aethiobola* Wahlenb. in Acharius, Methodus, Suppl.: 17. 1803. No obstante, el CIN considera lo que sigue a 'Wahlenb.' como cita bibliográfica y no como parte del nombre.

A veces, un autor puede publicar un taxon de manera válida y adscribir su nombre a otra persona, por ejemplo si esa persona le sugirió el nombre (en una etiqueta de herbario o incluso verbalmente) pero finalmente no lo publicó. En este caso, se pone el nombre de esta persona seguido del conector 'ex' y del nombre del autor o autores que publican el nombre de manera válida, e.g., *Acalypha racemosa* Wall. ex Baill. Aquí, Baillon publicó de manera válida el nombre *Acalypha racemosa*, que había sido previamente acuñado para esta especie por Wallich. Es aceptable omitir el nombre del primer autor y citar la especie simplemente como *Acalypha racemosa* Baill.

Para indicar el propósito de estar publicando un nombre nuevo se indica mediante la colocación de las abreviaturas **spec. nov.**, **genus nov.**, **subsp. nov.**, etc., según corresponda y detrás del nombre.

Cuando un autor cambia una especie de género, el epíteto se transfiere al nuevo género y se hace seguir del nombre del autor original entre paréntesis seguido del de quien ha efectuado la transferencia, e.g., *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. Esta especie fue llamada en origen *Pennisetum purpureum* por Schumacher (1827) y transferida al género *Cenchrus* L. por Morrone (2010). Advierta que el género del epíteto ha cambiado de acuerdo con la gramática latina. El nombre *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone es



Δ Figura 17. El neótipo (iconótipo) de *Dracaena sanderiana* Sander ex Mast. in *Gard. Chron.*, ser. 3, 13: 445 (1893), f. 65.

tenido por una **combinación nueva** (a menudo abreviada como **comb. nov.**), ya que en él se combinan el epíteto original (publicado en el protólogo) y el nombre de otro género. El nombre que dona el epíteto para la nueva combinación se denomina **basónimo**; en este caso, *Pennisetum purpureum* Schumach.

Lo mismo ocurre cuando un autor cambia la categoría taxonómica en la que un nombre se clasifica. Por ejemplo, en *Cenchrus polystachios* subsp. *atrichus* (Stapf & C.E.Hubb.) Morrone, el nombre *Pennisetum atrichum* Stapf & C.E.Hubb., el basónimo, fue combinado como subespecie de *Cenchrus polystachios* por Morrone. El nombre *Cenchrus polystachios* subsp. *atrichus* (Stapf & C.E.Hubb.) Morrone no es solo una combinación nueva (**comb. nov.**, ya que el basónimo se ha transferido a otro género), sino que también otorga al taxon una **nueva categoría taxonómica**, lo cual se significa añadiendo **stat. nov.** tras el nombre nuevo.

3.7 Nombres aceptados y sinónimos: la regla de prioridad

La ciencia taxonómica es dinámica, ya que el cambio a menudo mejora la clasificación natural. Esto significa que una publicación puede proporcionar nueva información que cambie la perspectiva desde la que se percibía la variabilidad de una especie, un género, una familia, etc. Es importante entender que tal perspectiva representa una nueva hipótesis, una nueva opinión, apoyada en argumentos lógicos. A lo largo de este proceso, la clasificación, o el marco taxonómico, mejora y evoluciona hacia una conclusión estable. Sin embargo, cualquiera podría juzgar más sólida la información que apoya una hipótesis alternativa y favorecer una clasificación distinta. Por tanto, es difícil decir cuál es la "correcta", así como jamás seremos capaces de reconstruir por completo las rutas evolutivas.

Cuando se estudia un cierto grupo de táxones, un autor puede considerar dos o más nombres con que llamar un mismo taxon. Según el concepto de tipo, esto significa básicamente que el autor opina que los especímenes tipo de tales nombres pertenecen al mismo taxon. Por ejemplo, Clayton y Renvoize (1982) consideraron que los nombres escritos a continuación y en orden alfabético representan una única y variable especie de gramínea:

Pennisetum angolense Rendle (Rendle 1899: 189).

Pennisetum giganteum A.Rich. (Richard 1850: 382).

Pennisetum macrourum Trin. (Trinius 1826: 64).

Pennisetum scaettae Robyns (Robyns 1934: 3).

Pennisetum stenorrhachis Stapf & C.E.Hubb. (Stapf & Hubbard 1933: 270).

Esto implica que estos cinco nombres son **sinónimos** y las reglas nomenclaturales estipulan que solo uno de ellos pueda ser el **nombre aceptado**; así pues, ¿cuál escoger? En este caso, se debe aplicar la **regla de la prioridad** (Sección III del Código), que nos dice que el sinónimo más viejo tiene prioridad sobre

los demás. En este caso, el nombre correcto y aceptado para esta especie es *Pennisetum macrourum* Trin., ya que fue publicado en 1826.

La regla de prioridad se aplica en todas las categorías taxonómicas. Por ejemplo, en 2010, Morrone publicó un artículo en el que incorporó el género *Pennisetum* Rich. (Richard in Persoon 1805: 72) en *Cenchrus* L. (Linnaeus 1753: 1049). La regla de prioridad dice que este último género tiene prioridad sobre el primero, así que el género así circunscrito debería llamarse *Cenchrus*.

Cuando seguimos el criterio de Morrone (2010), el nombre aceptado de la especie *Pennisetum macrourum* Trin. se convierte en *Cenchrus macrourus* (Trin.) Morrone. Advertida que si otro autor no estuviera de acuerdo con esta hipótesis y abogara por mantener el género *Pennisetum*, habría dos nombres aceptados según la perspectiva taxonómica que se adopte.

Además, es importante saber que la regla de prioridad ¡solo se aplica a los nombres en la misma categoría taxonómica! En el ejemplo anterior, si el nombre *Pennisetum polystachion* var. *africana* Thunb. (Thunberg 1794: 101) fuera sinónimo de alguno de los cinco nombres de *Pennisetum* que se han mencionado aquí, habría sido el nombre más antiguo disponible. Sin embargo, como es un nombre encuadrado en la categoría de variedad no tiene prioridad sobre otros nombres en la categoría de especie. Si un autor 'Xxx' quisiera adjudicar la categoría de especie a esta variedad (como *Pennisetum africanum* (Thunb.) Xxx), la fecha de publicación de tal nombre sería la fecha en la que se publicó la nueva combinación. De esto se deduce lógicamente que si el taxon *Ixora aneimenodesma* subsp. *kizuensis* De Block no tuviera sinónimos y un autor 'Xxx' quisiera elevarlo a la categoría de especie, tendría dos opciones: 1) publicar el nombre *Ixora kizuensis* (De Block) Xxx, o bien 2) publicar un nombre de especie nuevo (e.g., *Ixora congoensis* Xxx), llevando el nombre de subespecie a su sinonimia. Esta segunda opción no se considera 'educada', ya que hace que desaparezca el autor original del nombre. Sin embargo, el nombre *Ixora kizuensis* pudiera haber ya sido publicado para una especie distinta. En este caso, la nueva combinación habría estado 'ocupada' y uno habría de optar por publicar un nombre nuevo, como *Ixora deblockiae* Xxx para homenajear al autor original. La necesidad de crear un **nombre nuevo** para un taxon ya descrito se indica con frecuencia añadiendo **nom. nov.**

Hay dos excepciones a la regla de prioridad. La primera es que hay ocho nombres de familia y uno de subfamilia para los que hay alternativa (CIN Art. 18.5, 19.8). Estos nombres se denominan **nomina alternativa (nom. alt.)**. A continuación, mostramos una lista de estos nombres de familia y subfamilia alternativos. Se recomienda utilizar un solo nombre de entre los dos posibles en la misma obra.

En segundo lugar, la aplicación estricta de las reglas del CIN podría llevar en ocasiones a cambios 'indeseables' y afectar negativamente a la estabilidad nomenclatural de un determinado grupo taxonómico. En este caso, uno puede hacer una propuesta para conservar o rechazar un nombre determinado. En el caso de que haya algún tipo de ambigüedad respecto del espécimen tipo, puede formularse una propuesta de conservación similar. Estas propuestas se suelen publicar en la revista *Taxon* y se someten a votación en el siguiente-

te Congreso Internacional de Botánica. Los nombres y tipos conservados o rechazados van seguidos de la indicación **nom. cons.**, **nom. rej.** o **type cons.**

Apiaceae	Umbelliferae
Arecaceae	Palmae
Asteraceae	Compositae
Brassicaceae	Cruciferae
Clusiaceae	Guttiferae
Fabaceae incl. subfam. Faboideae	Leguminosae incl. subfam. Papilionoideae
Lamiaceae	Labiatae
Poaceae	Gramineae

3.8 Híbridos

En el código, un capítulo aparte trata de los nombres de los táxones híbridos. Estos pueden reconocerse por el uso del signo de multiplicación '×' o por la adición del prefijo 'notho-' al término que denota la categoría taxonómica del taxon. Un nombre de **notoespecie**, compuesto de un nombre de género (o un nombre de notogénero, véase más adelante) y un epíteto, representa el híbrido de dos individuos o de dos especies distintas. Un nombre de **notogénero** es una sola palabra que se utiliza cuando la hibridación se ha dado entre individuos o especies de géneros distintos. A menudo, se compone de partes de los nombres de los géneros implicados.

Por ejemplo, el híbrido entre *Oenothera biennis* L. y *Oenothera villosa* Thunb. puede representarse mediante la **fórmula de híbrido** *Oenothera biennis* L. × *Oenothera villosa* Thunb., o mediante el nombre de notoespecie *Oenothera ×drawertii* Renner ex Rostański.

El notogénero ×*Festulolium* Asch. & Graebn. agrupa individuos que se originaron en la hibridación entre especies de los géneros *Festuca* L. y *Lolium* L. El nombre de notoespecie ×*Festulolium loliaceum* (Huds.) P. Fourm. representa el híbrido entre *Festuca pratensis* Huds. y *Lolium perenne* L., que también se puede representar mediante la fórmula de híbrido *Festuca pratensis* Huds. × *Lolium perenne* L.

3.9 Plantas cultivadas

La nomenclatura de las plantas cultivadas no se regula por el CIN, sino por el Código Internacional de Nomenclatura para Plantas Cultivadas (CINPC).

Las formas cultivadas se pueden clasificar en solo tres categorías: la **cultivariedad**, el **grupo** (de cultivariedades) y la **grey**. Este último se utiliza solamente en el cultivo de orquídeas y expresa la descendencia híbrida conjunta entre dos entidades (táxones o cultivariedades). Una cultivariedad, abreviada como **cv.**, es una forma muy específica derivada de cualquier tipo de proceso de selección y puede incluso haber sido recolectada en el campo. Se forma añadiendo tras el nombre del taxon del que deriva un nombre no latino, e.g., *Solanum tuberosum* L. cv. Gogu valley, o bien, de manera alternativa *Solanum tuberosum* 'Gogu valley'. Cuando la especie de que proviene una cultivariedad es incierta, el nombre de la cultivariedad puede ponerse inmediatamente a continuación del género, e.g., *Rosa* cv. Penelope. Un nombre nuevo de cultivariedad puede registrarse de manera oficial por cualquier autoridad internacional aprobada por el Comité para la nomenclatura y el registro de cultivariedades de la Sociedad Internacional de la Ciencia Hortícola (SISH). Cada autoridad está asignada a un grupo taxonómico determinado. Un grupo incluye un determinado número de cultivariedades con cierto carácter distintivo. Uno podría, por ejemplo, crear un grupo para todas las rosas amarillas. En este punto resulta evidente que los nombres de planta cultivada no configuran una clasificación natural, ya que no tienen por qué reflejar la existencia de ancestros comunes.

En la bibliografía de plantas cultivadas, uno puede encontrarse de manera regular con 'variedades' o 'formas'. En la medida de lo posible, la utilización de estos términos debería ser reservada a la descripción informal de la variabilidad observada en plantas cultivadas, sin crear nombres nuevos de taxon regulados por el CIN.

Código Internacional de Nomenclatura para Algas, Hongos y Plantas

- <http://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php?>

Nombres científicos y tipos:

- International Plant Name Index: <https://www.ipni.org>
- Tropicos: <http://www.tropicos.org>
- World Flora Online: <http://www.worldfloraonline.org>
- African Plant Database: <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/index.php>
- Linnaean Typification Project: <http://www.nhm.ac.uk/our-science/data/linnaean-typification>
- Global Plants: <https://plants.jstor.org>

4.



El arte de la identificación

En los capítulos anteriores, dijimos que la ciencia taxonómica pretende organizar la inmensa diversidad de organismos que viven en la Tierra. Como tal, nos provee de las herramientas necesarias para la comunicación científica en forma de nomenclatura y clasificación. Para llevar a cabo cualquier investigación de carácter biológico, para proteger la naturaleza o utilizar plantas como medicina, etc., es crucial tener acceso a toda la abundante información que ha sido acumulada a lo largo de los siglos. Los recursos en línea están creciendo de manera exponencial. Sin embargo, antes de que uno pueda hacerse con toda la información disponible acerca de una determinada especie o de un género, por ejemplo, hay que conocer el nombre del taxon. Como los especialistas que pueden identificar organismos vivos al volapié son raros, especialmente en los trópicos, donde la diversidad es enorme, los taxónomos han desarrollado herramientas para identificar de manera fiable su material.

4.1 Claves de identificación

Una clave de identificación es una herramienta práctica utilizada por especialistas y no especialistas para identificar plantas, hongos o animales a nivel de familia, tribu, género, especie o cualquier otro. A menudo resulta ser la parte más utilizada de una publicación de taxonomía, ¡y de aquí que merezca la mayor atención del investigador que la realiza!

Para utilizar una clave de identificación, uno generalmente debe tener, al menos, un conocimiento básico de la morfología y la terminología relativas a la planta o al hongo en cuestión. Disponer de un buen glosario puede resultar útil. Hay glosarios de Botánica buenos y exhaustivos (véase el recuadro al final de este capítulo).

¿Cómo utilizar una clave?

Una clave de identificación es, por regla general, una especie de 'juego' de preguntas que requiere que el usuario observe (¡con cuidado!) caracteres específicos y que dé cuenta de su estado. Una clave de identificación puede utilizarse; por ejemplo, el carácter 'color de la flor' y, el usuario, elegir entre los estados 'amarillo' o 'blanco'. Si fuera amarillo, se continuaría por la pregunta número 2, si blanco, habría que acudir a la pregunta número 10. La primera parte de esta clave tendría este aspecto:

- 1. - Flores amarillas 2
- Flores blancas 10
- 2. - ...
- ...

En el ejemplo anterior, cada pregunta se llama '**paso de clave**' y tiene dos posibles entradas a seguir. Es obvio que ambas opciones necesitan excluirse mutuamente y que los valores de los caracteres no se solapen o apenas lo hagan. Tras haber respondido correctamente a un cierto número de preguntas, el usuario termina encontrando el nombre de la planta (o del hongo o animal).

De manera general, el usuario tiene la oportunidad de elegir entre dos entradas. En tal caso, la clave es **dicotómica**. Algunas claves permiten elegir entre tres o incluso más entradas (en el ejemplo anterior; uno podría añadir, por ejemplo, 'flores azules' o 'flores verdes' y llegar a ofrecer hasta cuatro entradas. Estas claves se llaman **politómicas**. En general, se considera que este último tipo de claves es menos práctico que el anterior y que conduce a un mayor número de errores de identificación. Uno puede evitar con facilidad esta estructura mediante la combinación de varios estados en una sola entrada, por ejemplo:

1.	- Flores amarillas, azules o rojas	2
	- Flores blancas	10
2.	- Flores amarillas	3
	- Flores azules o rojas	6
3.	- Ramitas espinosas	<i>Rosa banksiae</i>
	- Ramitas inermes	4
...		
6(2)	- Estambres ...	
	- ...	
...		
10(1)	- Hojas	
	- ...	

Advierta que la pregunta número 3 ofrece el nombre de la planta y que las números 6 y 10 muestran el paso de clave que lleva a ellas. Esto último sirve para ayudar al usuario a recordar de dónde venía y, en general, se añade solo cuando uno ha llegado al paso tras haber dado un salto comparativamente largo en la clave.

Hay dos tipos básicos de clave dicotómica. La forma que se acaba de mostrar, donde las entradas aparecen juntas, se llama **clave de bloques o paralela**. La segunda forma se llama **clave sangrada** y, en ella, las entradas aparecen separadas. Aquí tenemos un ejemplo de clave sangrada (tomada de una clave con especies africanas de *Solanum*, Vorontsova & Knapp 2016):

1. Flores con estambres de diferente longitud
 2. Hojas de orbiculares a reniformes, de 1,2-2,5 cm de longitud, más anchas que largas; pecíolos más largos que las hojas; raro en el noreste de Somalia *S. cymbalariifolium*
 2. Hojas de ovadas a lanceoladas, de 2-14 cm de longitud, más largas que anchas; pecíolos más cortos que las hojas; este y noreste áridos de África.
 3. Agujijones caulinares densos, aciculares, con la base de menos de 0.5 mm de anchura, de un amarillo pálido; fruto completamente oculto por un cáliz acrescente *S. coagulans*
 3. Sin agujijones o con agujijones esparcidos con la base de más de 1 mm de anchura, de amarillos a naranjas o castaños; fruto expuesto, al menos parcialmente *S. melastomoides*

1. Flores con estambres de la misma longitud; muy extendido
4. Flor solitaria, sin pedúnculo; corola pentagonal, con lóbulos que penetran de un $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ de la longitud hasta la base, de 0.9-1.3 cm de diámetro; sur de África *S. spinum*
4. Más de una flor en inflorescencia, con pedúnculo o raquis en, al menos, algunas inflorescencias; corola normalmente estrellada, con invaginaciones que penetran de un $\frac{1}{3}$ de la longitud hasta la base, si lobada, entonces con lóbulos que penetran hasta un $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ de la longitud, pero entonces corola de las flores longistilas de más de 1.3 cm de diámetro; extendido *S. tuberosum*

Como la primera entrada del paso número 1 conduce a la identificación de la planta que pretende identificarse, uno debería continuar con la siguiente pregunta, formulada debajo, a continuación (número 2). Sin embargo, si hubiera sido correcta la segunda entrada del paso número 1, uno continuaría por la pregunta que le sigue, que está en el paso número 4. Como puede verse, no hay números a la derecha de la clave que señalen la siguiente pregunta. La ventaja de una clave sangrada es que el usuario puede inferir con mayor facilidad la manera en la que se agrupan las especies de la estructura de la propia clave. Una desventaja es que uno tiene que buscar la segunda entrada de la pregunta o paso. Esta puede encontrarse muy lejos en las claves de grandes grupos. También quedará mucho espacio en la parte izquierda de la página y, por tanto, la clave necesitará imprimirse en un número mayor de páginas.

Además, advierta que también se puede utilizar información geográfica en una clave. A pesar de no constituir un carácter morfológico, puede considerarse de utilidad. De igual modo, también puede añadirse información acerca del hábitat o la fenología (períodos de floración o fructificación). No obstante, es necesario subrayar que este tipo de información debe ser utilizada solo con carácter auxiliar y no substituye los caracteres morfológicos.

¿Cómo hacer una clave?

Comencemos eligiendo qué tipo de clave construir (véase lo anterior). Después, pensemos en varios subgrupos claros del grupo escogido. A continuación, seleccionemos aquellos grupos que puedan ser definidos por caracteres que los distingan y que puedan ser fácilmente observados a ojo o mediante una lupa $\times 10$. Si la primera pregunta de la clave fuera acerca de los granos de polen, por ejemplo, un gran número de usuarios se atascarían y serían incapaces de continuar. ¡También es importante que cualquier carácter mencionado en una de las entradas de cada paso aparezca en la otra entrada! No es recomendable un paso como el siguiente

1. - Flores amarillas; hojas de más de 10 cm de longitud 2
 - Flores blancas 10

Cualquier usuario que tuviese una planta con flores blancas, pero también hojas de más de 10 cm de longitud, no sabría qué elegir. Esto nos lleva a otro

	Hábito			Anchura de la hoja			Flores		Forma de la corola			Color del fruto	
	árbol	liana	hierba	1-5 mm	5-10 mm	10-30 mm	solitarias	fasciculadas	estrella	copa	trompeta	amarillo	rojo
Aus a	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Aus b	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Aus c	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0
Bus x	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1
Bus y	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1
Bus z	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
Cus m	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
Cus n	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
Cus o	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1

△ *Figura 18. Ejemplo de una matriz de datos de especie/carácter (con táxones ficticios).*

asunto práctico. Cuando se hace una clave, ¡uno debe siempre tratar de imaginar qué tipo de material va a manejar el usuario! A menudo, dispondrá de una única planta, así que la clave tendrá que suministrar información precisa. Si, en un paso, se contraponen 'flores grandes' a 'flores pequeñas', se estaría discriminando de manera relativa y el usuario sería incapaz de juzgar si unas flores de 1 cm de diámetro pueden considerarse 'grandes' o 'pequeñas'.

Mediante una clave, el nombre de un taxon puede determinarse siguiendo varios caminos. Esto puede ocurrir cuando en algún carácter determinado el taxon presenta variabilidad. Por ejemplo, una especie puede tener flores blancas y, de manera eventual, amarillas, mientras que la mayoría de las especies de su grupo pueden tener constantemente el mismo color.

La utilización de claves confeccionadas para grandes grupos de especies (o de otros táxones) se ve facilitada si la acompaña una matriz con los caracteres y sus estados (véase también la 18). Esta matriz, a menudo, ayuda a conseguir una mejor panorámica de la distribución de los caracteres y de su correlación. (Véase también el párrafo siguiente.)

Finalmente, algunos consejos acerca de la elaboración de claves:

1. ¡Sea práctico! Que su lenguaje se entienda bien. Trate de evitar aquellos caracteres que necesiten una explicación prolija, se entiendan mal o sean difíciles de observar.

2. En una clave que sea por completo dicotómica, cuando el nombre de todos los táxones se determine siguiendo un solo camino, el número de pasos será siempre igual al número de táxones menos uno. De aquí que uno no pueda determinar el número de pasos. Sin embargo, se puede adaptar el número de preguntas a responder antes de llegar al nombre del taxon. La mejor estrategia es tratar de confeccionar preguntas o pasos que dividan el grupo restante de táxones en partes más o menos iguales.

3. Si una especie de un grupo determinado no tuviera flores y frutos al mismo tiempo, puede ser prudente ofrecer dos claves distintas, una para especímenes en flor y otra para los que tengan fruta.

4.2 Claves multi-entrada

Todas las claves que hemos comentado, aun cuando se confeccionen con el mayor cuidado, tienen una seria pega. El usuario no puede elegir la secuencia en la que los caracteres son observados. Podría darse que la presencia de frutos rojos redujese mucho el número de especies potenciales, pero que el color de fruto solo se preguntase en la pregunta número 5. En otras palabras: ¡debería haber maneras más fáciles de identificar una planta!

Cuando utiliza una matriz de táxones y caracteres de un grupo de especies determinado (véase la figura 18, por ejemplo), el usuario podría escoger al azar un carácter de la lista y rellenar el estado que dicho carácter tiene en el espécimen que se trata de identificar. Luego, el procedimiento podrá repetirse hasta que cierta combinación de estados de carácter le lleve a un único taxon.

Antes de la era de los ordenadores, los taxónomos ya habían ensayado con varias claves multi-entrada basadas sobre sistemas de matrices similares. Uno podía trabajar con un gran número de cartas numeradas, representando cada una de ellas el estado de un carácter o un taxon. Aquellos interesados en este tipo de clave pueden echar un vistazo a la figura 19.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
W.A.	B.A.	WEST	N.S.W.	C'D.	T.A.	N.T.	CHAL. MOUNT.					TREES	SHrub, TREES OR HERBACEOUS	BALLS	DECORATING E.G. PALM	HELP-ARMED	STEMMED	PERENNIALS OR BIENNIALS	HERBACEOUS	OTHER TREES	OPHORBITE	ESBILLE	MASTIC	LANCEOLATE
STATE								SUB-DIV.				HABIT				BARK				MATURE LEAVES				
GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION												HABIT				BARK				MATURE LEAVES				
NAMES: BOT. <i>E. caerulea</i> Dehn.												BLAKELY No. 197												
SYN. <i>E. rostrata</i> Schlecht.																								
COMMON River red gum																								
RELATED SPECIES <i>Exsertae</i> of Blakely																								
DISTINCTIVE FEATURES <i>Operculum rostrata</i>																								
or conic not cylindroid; no lignotuber																								
NAT. DISTRIB. Rivers in plains subject to seasonal water logging. Rainfall 30"												197												
NO. / FRUIT	OPER.		INFLORESCENCE				MATURE LEAVES																	
	SPHERICAL OR OBOVATE	FRUIT	SPHERE	OBVATE	OBVATE	OBVATE	UMBEL				VENATION								MATURE LEAVES					
50	40	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68

△ Figura 19. Ejemplo de carta numerada que muestra caracteres (agujeros abiertos a lo largo del margen) para una especie de Eucalyptus.

Hoy en día, estas matrices de táxones y caracteres, así como las claves multi-entrada que resultan de ellas, pueden ser procesadas por paquetes de software, e.g., Xper3 (<http://www.xper3.fr/>), DELTA-IntKey (<https://www.delta-intkey.com>) y Linnaeus NG (<http://linnaeus.naturalis.nl/>), y utilizadas con facilidad por el usuario. Los paquetes Xper3 y DELTA-IntKey permiten incluso crear una clave dicotómica a partir de una matriz de datos propia que puede publicarse con posterioridad. Algunos de ellos disponen de un software estándar que informa acerca de aquellos caracteres que hacen el proceso de identificación más eficiente.

Un tipo distinto de clave multi-entrada es la que se denomina '**clave diagnóstica**' (o 'clave sinóptica'). Contiene una lista de caracteres diagnósticos clave (típicos o notables) para un cierto grupo de táxones. Cada carácter está seguido de una lista de aquellos táxones del grupo que lo presentan. Vea a continuación un ejemplo que consiste en una parte de una clave diagnóstica para los táxones de las Rubiaceae de África central. Advierta que no solo se incluyen géneros, sino también tribus e incluso especies.

EJEMPLO DE CLAVE DIAGNÓSTICA:

- HOJA

limbo linear: *Amphiasma*, *Anthospermum usambarense*, *Cordylostigma*, *Galium*, *Knoxia*, *Kohautia*, *Manostachya*, *Oldenlandia*, *Spermacoce*

limbo cordiforme o reniforme: *Geophila*, *Hymenocoleus*, *Pentansia renifolia*, *Rubia*

- FLOR

unisexual: *Anthospermum*

heterostila: *Colletoecema*, *Craterispermum*, *Gaertnera*, *Knoxieae*, *Lasianthus*, *Morinda*, *Mussaendeae*, *Pauridiantha*, *Psychotrieae*, *Sabicea*, *Schizocolea*, *Spermacoceae*, *Tricalysia*

tetrámera: *Anthospermum*, *Corynanthe*, *Eumachia*, *Galium*, *Heinsia*, *Ixora*, *Keetia*, *Knoxia*, *Lasianthus*, *Nauclea*, *Otiophora*, *Paraknoxia*, *Pavetta*, *Polysphaeria*, *Pouchetia*, *Psychotria*, *Rutidea*, *Spermacoceae*, *Tricalysia*

pleómera (with more elements than usual): *Coffeae*, *Gardenia*, *Rothmannia octomera*, *Schumanniphyton*

tubo calicino largo (> 1 cm): *Adenorandia*, *Gardenia*, *Rothmannia*, *Schumanniphyton hirsutum*

tubo calicino con una hendidura lateral: *Calycosiphonia*, *Gardenia*, *Polysphaeria*, *Rothmannia*, *Sericanthe*, *Tricalysia*

calíz asimétrico con lóbulos muy desiguales o solo uno lateral: *Knoxieae*

4.3 Código de barras de la vida

El método más moderno de identificación consiste en utilizar un perfil único de ADN por taxon. La idea reside en que esta secuencia de ADN, llamada popularmente "código de barras de la vida", será conocida para todas las especies y en que si dispusiésemos de la secuencia de un organismo desconocido, podríamos buscarla en nuestra base de datos y determinar el nombre de su especie. Es simple en teoría, ¡pero mucho más complicado en la práctica! Para empezar, es evidente que necesitamos un banco de datos que incluya c. 400.000 especies de planta, c. 10.000.000 especies de animal, c. 5.000.000 especies de hongo, etc. Además, como secuenciar (obtener la secuencia de pares de bases) el ADN completo de un organismo es aún un proceso largo y caro, necesitamos encontrar una parte del genoma, un trozo específico de ADN, que suministre suficiente variabilidad en la categoría deseada (a menudo, la especie). En muchos grupos de animales, se utiliza el gen de la citocromo c oxidasa I (COI o COX I), que contiene c. 1.500 pares de bases. En plantas, a menudo, es mucho más difícil. Se ha propuesto la combinación de dos genes cloroplásticos, *rbcl* y *matK*. También se propone añadir la región del espaciador transcrito interno 2 (ITS), nuclear y que no codifica, para aumentar el grado de resolución. Para los hongos, la región del espaciador I (ITS I) podría resultar más adecuada. Otras opciones posiblemente mejores son aún objeto de debate. Al parecer, no es infrecuente que estos marcadores del código de barras de la vida varíen dentro de la misma especie. Esto significa que un único nombre a menudo resulta insuficiente para representar una especie en el banco de datos de código de barras de la vida, ya que se necesitará mapear toda la variabilidad infraespecífica de una determinada especie antes de realizar cualquier identificación fiable. Uno no puede decir simplemente: "Ya que mi muestra difiere de esta otra en dos sitios de la secuencia, representa una especie nueva", antes de que la variabilidad de las secuencias haya sido mapeada para ambas especies. Como consecuencia, para cada especie se necesitan varias muestras (un mínimo de 10, preferiblemente más) para construir un banco de datos de códigos de barras de la vida. Más aún, cada espécimen muestreado necesita ser referenciado; es preciso conservar los organismos para poder verificar su identidad cuando surja la duda sobre ella. El banco de datos también necesitará ser actualizado de manera regular para incorporar los cambios taxonómicos.

El base de datos del código de barras de la vida necesita cimentarse sobre la base de un marco taxonómico sólido y estable. Incluso para un grupo de plantas relativamente bien conocido, este marco taxonómico puede tener muchos puntos débiles. A la vez, los esfuerzos hechos en desarrollar este código de barras de la vida pueden resultar de ayuda para tomar decisiones taxonómicas mejores y, de paso, fortalecer el marco taxonómico.

A pesar de estos retos, se ha realizado un gran esfuerzo en desarrollar una base de datos mundial para el código de barras de la vida. Las actividades están coordinadas por el *International Barcode of Life Consortium* (iBOL) junto a muchas instituciones regionales. En la actualidad, obtener una secuencia de ADN de un organismo se lleva, a menudo, varios días de laboratorio. Uno necesita ser paciente cuando se utiliza este método de identificación. Nuevas

técnicas aparecen rápidamente con el desarrollo de sofisticadas nano-técnicas que ofrecen la posibilidad de utilizar minilaboratorios portátiles en el campo.

4.4 Identificación de especímenes de herbario

Mientras que identificar plantas vivas en el campo puede ser difícil, tratar de identificar correctamente especímenes de herbario, secos y prensados, constituye a menudo un desafío. No todos los caracteres necesarios pueden observarse de manera directa, incluso con la ayuda de una buena lupa de mano $\times 10$ o de una lupa binocular (véase también el apartado 5.B). Una pregunta simple acerca del color de la flor puede quedar sin ser respondida si el recolector no anotó esta información en el campo. Del mismo modo, uno podría preguntarse si ese tallito con hojas y unas flores o unos frutos tan bonitos pertenecen a un árbol, a una liana, un arbusto o, incluso, ¿a una hierba perenne? La forma en las tres dimensiones (notablemente la de las flores o los frutos) podría ser importante, pero imposible de inferir; así como cualquier información acerca de tubérculos subterráneos, rizomas, olor, sabor, etc. Estos tipos de información deberían ser anotados en el campo por el recolector; de tal manera que los datos puedan ser después transferidos a la etiqueta que acompaña a cada espécimen. Varias publicaciones (Fish 1999, Victor et al. 2004, Bridson y Forman 2010) ofrecen consejo sobre cómo recolectar plantas y preparar correctamente valiosos especímenes vegetales secos.

Cuando un espécimen de herbario ha sido identificado, ya sea en la categoría de familia, de género, de especie o en cualquier otra, el nombre del taxon se escribe en un trozo de papel llamado **etiqueta de identificación o determinación**. También se incluye el nombre del investigador (y su filiación, si es posible) y la fecha. Se pega al pliego de herbario (cuando no se pega, se utiliza una cola especial que nos proporciona el conservador del herbario), con preferencia en su esquina inferior derecha y, siempre, por encima de las etiquetas de determinación anteriores. En especial, hay que asegurarse que solo una pequeña parte de la etiqueta quede pegada, para que la parte libre pueda ser retirada para examinar aquel material o texto que puedan encontrarse debajo de la misma.

También puede expresarse cualquier duda acerca de la identificación de un taxon. Con preferencia, utilice las abreviaturas **cf.** o **aff.** La primera abrevia *confer*, que significa 'compárese con' y se utiliza cuando un espécimen es muy próximo a algún otro e, incluso, pudiera ser lo mismo. La segunda abrevia *affinis*, que significa 'afín a' y se utiliza cuando un espécimen es afín a algún otro, siendo probablemente otra cosa.

Glosarios

- Beentje H. (2015) The Kew plant glossary. 2nd edition. Richmond, Royal Botanic Gardens, Kew. EAN: 9781842466049
- Font Quer P. (1953) Diccionario de botánica. Barcelona, Editorial Labor S.A..
- Jossierand M. (1983). La description des champignons supérieurs. 2^e éd. Paris, Lechevalier.
- Jouy A., Foucault B. de (2016) Dictionnaire illustré de botanique. Mèze, Biotope.
- Missouri Botanical Garden Glossary:
<http://www.mobot.org/mobot/glossary>
- Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Glossary_of_botanical_terms
[in French: https://fr.wikipedia.org/wiki/Glossaire_de_botanique]

Código de barras de la vida

- IBOL (International Barcode Of Life): <https://ibol.org>
- Hebert P.D.N., Cywinska A., Ball S.L., deWaard J.R. (2003) Biological identifications through DNA barcodes. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences. 270 (1512): 313–321. doi:10.1098/rspb.2002.2218.

5.



El arte de preparar una revisión taxonómica

Ahora, pensemos en una revisión taxonómica que esté basada fundamentalmente en el estudio de especímenes de herbario. Cuando estudiamos la taxonomía de un grupo de plantas u hongos del que no se consigue con facilidad información, e.g., cuando son especies tropicales o, simplemente, cuando estas proceden de lugares remotos, los especímenes de herbario son, a menudo, la única fuente de información disponible. La adición de la información recogida en el campo a una revisión es una gran ventaja, si bien no es algo obligatorio.

Asumamos que se ha decidido preparar una revisión taxonómica de un determinado grupo. Esto responde generalmente a la opinión de los especialistas, cuando consideran que el esquema taxonómico de ese determinado grupo no es suficientemente sólido. Esto podría deberse a la escasa calidad de las claves de identificación disponibles, a una difícil delimitación de los táxones, o bien a problemas nomenclaturales. No es infrecuente que parte de esta 'debilidad' pueda deberse a la existencia de especies aún por descubrir: Cada año, se describen bastantes más de 2.000 nuevas especies de plantas vasculares, así como de unos setenta y cinco a unos cien géneros nuevos. Esta tendencia no ha disminuido en los últimos quince años (estos números se han visto incluso incrementados en los últimos cuatro años), lo que nos indica que aún queda mucho por descubrir!

Una revisión taxonómica se centra, a menudo, en un género particular y en el texto y los ejemplos siguientes vamos a asumir precisamente esto. Cuando un género tiene muchas especies y una distribución amplia, el estudio puede que no se vea restringido a un país, una región fitogeográfica o un continente.

En relación a la profundidad, la exhaustividad y el carácter práctico de la revisión, uno puede distinguir cuatro categorías:

- *Revisión sinóptica* o sinopsis: una puesta a punto breve de la taxonomía de un grupo (que generalmente incluye una clave de identificación, una lista de todas las especies aceptadas y sus sinónimos y, algunas veces, descripciones breves de su morfología e información sobre su distribución);
- *Revisión taxonómica*: una puesta a punto completa de la taxonomía de un grupo (con clave de identificación, sinonimia completa con información acerca de los tipos, descripciones morfológicas completas e información acerca de la distribución, a menudo citando los especímenes utilizados);
- *Monografía o revisión monográfica*: una revisión profunda y exhaustiva de la taxonomía de un grupo (como la detallada para la revisión taxonómica pero que, a menudo, incluye los resultados de estudios adicionales de carácter anatómico, filogenético, ecológico o etnobotánico);
- *Tratamiento florístico*: por definición, un tratamiento regional de un grupo fundamentado en la compilación de la información disponible (publicada) sobre el mismo. Aquí solo se esbozan problemas y los aspectos más complicados se dejan a estudios futuros y más detallados. El objetivo prioritario de una flora es proporcionar herramientas (claves de identificación, descripciones, ilustraciones, etc.) al usuario que quiere identificar plantas..

En las cuatro categorías, el proceso científico puede dividirse en siete fases (A–G, véase a continuación), que pormenorizaremos en los párrafos siguientes. Por mera conveniencia, utilizaremos el término 'revisión taxonómica' en un sentido amplio que comprenderá las cuatro categorías susodichas.

Las siete fases de una revisión taxonómica:

- A. Nombres de taxon y revisión de la bibliografía
- B. El estudio del material de herbario
- C. Preparación de una base de datos
- D. Recopilación de datos de carácter geográfico y ecológico
- E. Decisiones taxonómicas y nomenclaturales
- F. Preparación de descripciones taxonómicas, tratamientos, ilustraciones y claves
- G. Producción del borrador y publicación

A. Nombres de taxon y estudio de la bibliografía

El comienzo de todo estudio científico implica hacer acopio de información y datos. En una revisión taxonómica, es necesario recoger todos los protólogos (las publicaciones originales) de los nombres concernidos. Este es un paso crucial, especialmente en la fase E, en la que los especímenes tipo han de ser identificados, seleccionados y asignados. Tanto el IPNI (*International Plant Name Index*; <http://www.ipni.org>) para plantas vasculares, como el *Index Fungorum* (<http://www.indexfungorum.org>) para hongos, generalmente pueden suministrar la lista de todos los nombres de cualquier género relevante, aunque necesitarán hacerse cribas adicionales para los estudios regionales. Advertia que ¡en el IPNI no se empezó a recoger nombres infraespecíficos hasta 1971! A menudo, algunos de estos nombres solo pueden hallarse tras amplias búsquedas bibliográficas (mediante internet o en bibliotecas).

Con la información disponible en un protólogo, uno puede ubicar las publicaciones relevantes por medio de:

- la consulta de una buena biblioteca especializada;
- la utilización de los recursos en línea que suministran acceso a la bibliografía taxonómica antigua, como Botanicus (<http://www.botanicus.org>) o la Biodiversity Heritage Library (<https://www.biodiversitylibrary.org>);
- la utilización de los recursos en línea que enlazan los nombres a sus protólogos; uno de los mejores es *Tropicos* (<http://www.tropicos.org>), suministrado por el Jardín Botánico de Misuri, pero el IPNI (véase en lo escrito con anterioridad) también proporciona este servicio para muchos nombres. Algunas familias o algunos grupos disponen de comunidades activas que mantienen páginas electrónicas especializadas (e.g., <http://solanaceaesource.org>, <http://www.palmweb.org> o <http://caryophyllales.org>).

El escaneado o la descarga de las páginas relevantes en cada caso y su acopio constituyen un sistema fácil de rastrear. Es esencial anotar la referencia bibliográfica completa de toda la información encontrada.

A continuación, recoja todos los libros y artículos relevantes para la sistemática del género escogido. También es útil añadir aquellos artículos relevantes para su filogenia, su biogeografía, los hábitat, etc., ya que nos proporcionará un mayor entendimiento del género y sus parientes, en especial acerca de la importancia evolutiva de algún carácter. Cuando utilice los motores de búsqueda disponibles en la red o las páginas o los fondos especializados, recurra al uso de palabras clave como 'taxonomía', 'revisión', 'sistemática', etc. Comience por las publicaciones más recientes y estudie aquellas que aparecen citadas en las listas de referencia. En estas, examine los párrafos relativos a la historia sistemática y taxonómica del género cuando se encuentren disponibles. Además, consulte las floras que cubran la región concernida por el estudio.

El estudio de la literatura relevante debería proporcionarnos una idea probable acerca de la situación del género en la familia, qué géneros están emparentados de modo más cercano y qué caracteres se consideran distintivos e informativos para la delimitación de las especies. Se deben examinar las claves de identificación para identificar los caracteres que se han utilizado para distinguir las especies. Aun así, siempre será importante desarrollar una visión propia de la variabilidad del grupo estudiado.

Se encontrará una buena cantidad de nuevos términos técnicos cuando lea las publicaciones, en especial las relativas a descripciones morfológicas. Un buen glosario que explique estos términos es crucial durante esta fase. Hay muchos glosarios de botánica generalistas, consulte en el recuadro que se halla al final del capítulo previo.

No olvide hacer una lista completa de la bibliografía, con todas las referencias, a medida que vaya siendo consultada.

A continuación, veamos unos ejemplos de referencia de los distintos tipos de publicación más corrientes:

1. *Artículo en una revista:*

Soreng R.J., Peterson P.M., Davidse G., Zuloaga F.O., Judziewicz E.J., Filgueiras T.S., Davis J.L., Morrone O. (2015) A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae). *Journal of Systematics and Evolution* 53(2): 117--137. <http://dx.doi.org/10.1111/jse.12150>

2. *Libro:*

Patil J.V. (2016) *Millets and Sorghum: Biology and Genetic Improvement*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd. 504 pp.

3. *Capítulo de libro o serie:*

Clayton W.D. (1989) Gramineae. XXIV. Paniceae. In: Launert E., Pope G.V. (eds) *Flora Zambesiaca* 10(3): 1--192. London, Flora Zambesiaca Managing Committee.

Por último, elabore un sistema de documentación o una base de datos donde pueda asignar a cada nombre de taxon el lugar donde se encuentra el protólogo y el espécimen tipo. En efecto, algún autor podrá haber indicado qué espécimen es el tipo, aunque esto debería ser comprobado siempre. El protólogo generalmente proporciona la información necesaria que concierne al material tipo, pero no es así en todos los casos. ¡La búsqueda de especímenes tipo puede consumir mucho tiempo! Esto es particularmente cierto cuando se trabaja con literatura antigua de cuando no era obligatorio indicar el tipo. La mayoría de los grandes herbarios han escaneado y digitalizado sus especímenes tipo. Estas imágenes se encuentran disponibles en *JSTOR Global Plants*: <https://plants.jstor.org>, y generalmente también por medio de las páginas electrónicas de cada institución. Advierta que este recurso solo muestra el material tipo conocido de varios herbarios. Un buen número de tipos todavía están por ser identificados como tales por taxónomos. Durante el transcurso de una revisión, es común encontrar especímenes tipos desconocidos con anterioridad.

b. El estudio de material de herbario

Debiera ser advertido que los especímenes de herbario son muestras científicas particularmente valiosas y, a menudo, irreproducibles que, además, son frágiles y pueden dañarse con facilidad. Deben ser manipulados con el mayor de los cuidados. Solicite al conservador de herbario apropiado las instrucciones de manejo que correspondan.

Se necesitará desarrollar una estrategia para obtener o consultar la mayoría de los especímenes de herbario que ese encuentren en cualquier parte. La fase A (nombres de taxon y bibliografía) le ha proporcionado una idea bastante adecuada acerca de la distribución del género y de dónde están la mayoría de las especies. Bueno sería preguntar a los colegas apropiados para averiguar qué herbarios contienen la mayor parte del material relevante. También es oportuno visitar las distintas instituciones o disponer del material en préstamo en la propia. Las direcciones de herbario y las personas que actúan de enlace pueden ser encontradas en el *Index Herbariorum* (<http://sweetgum.nybg.org/science/ih>). Advierta que el envío de los préstamos puede llevar meses. Los herbarios, en general, no envían más que algún centenar de especímenes en préstamo y pueden tener restricciones relacionadas con los países que solicitan material. En este caso, la alternativa será visitar la institución donde se encuentre el material.



▷ Figura 20.
Ejemplo de un modo simple para hervir agua en una pequeña taza.

Cuando comience su estudio, necesitará una buena cantidad de especímenes de herbario, así que pida los préstamos lo antes posible. En algunos casos (e.g., cuando uno ya tiene un buen conocimiento de un grupo determinado), los préstamos pueden ser requeridos meses antes de que, en realidad, comience

Consejos para la observación de caracteres morfológicos vegetales en material de herbario

La observación morfológica de plantas puede llevarse a cabo con una simple lupa de mano ($\times 10$) o con una binocular; habitualmente con más aumento ($\times 20$ – $\times 50$). El material quebradizo puede flexibilizarse de nuevo simplemente sumiéndolo un rato en agua hirviendo. En función de la rigidez alcanzada por el material, esto puede llevar de 20 segundos a 3 minutos. (¡Pregunte siempre al conservador si puede separar del pliego de herbario el material necesario para este propósito!) En el caso de que el material esté muy rígido, añada una gota de líquido lavavajillas al agua para ablandar los tejidos. El uso de calentador eléctrico de laboratorio, como el que se muestra en la figura 20, es razonablemente seguro, así como el de cualquier calentador eléctrico de cocina de buena calidad junto a un pequeño recipiente de acero. Necesitará unas pocas agujas, unas pinzas y placas de Petri para manipular el material, i.e., para diseccionarlo bajo la lupa binocular. De este modo, seremos capaces de estudiar el interior de la flor; a menudo escondido, podremos abrir el ovario e incluso estudiar caracteres anatómicos en la hoja o la madera.

Después de haber examinado el material que hayamos retirado de un espécimen de herbario, todo, incluido el material diseccionado, debe ser devuelto al espécimen. El material que ha sido hervido debería ser secado de nuevo (utilice papel secante para hacerlo rápidamente). Todas las piezas habrán de guardarse en un sobre o bolsa pequeños, que son pegados o sujetos al pliego de herbario.

Cuando el material, ya sea polen o un trozo de hoja para extraer ADN, no se devuelve al pliego (esto se llama muestreo destructivo), se espera del investigador que añada una etiqueta al espécimen en la que se advierta qué fue retirado, con qué propósito, por quién y cuándo. De nuevo, ¡pida permiso al conservador antes de hacerlo!

Para anotar sus observaciones propias, es recomendable hacer una tabla donde pueda introducir tanto las observaciones como las medidas de cada espécimen (una tabla de Excel es adecuada, vea a continuación). Es mejor no resumir esta información para cada taxon de manera prematura, ya que los especímenes pueden cambiar de asignación a lo largo de su trabajo.

La preparación de especímenes fúngicos para sus observación bajo el microscopio es bastante particular. Se detalla en Eyi et al. (2011).

la revisión. Será mejor visitar en persona aquellos herbarios que tengan gran cantidad del material que le interesa, aunque esto, a menudo, es costoso. En general, resulta mucho más eficiente esperar a visitarlos una vez que tenga un buen conocimiento de las especies o táxones de su grupo. Así pues, un buen plan de trabajo es esencial.

Las colecciones de algunos herbarios están disponibles en línea (véase el recuadro al final de este capítulo). Estos servicios a menudo suministran algún dato de las etiquetas e imágenes de alta resolución del material disponible. Son útiles en extremo, mas la experiencia muestra que hará falta pedir en préstamo un buen número de pliegos para llevar a cabo observaciones más detalladas sobre los especímenes reales.

c. Preparación de una base de datos

En aquellas revisiones taxonómicas que involucren varios cientos de especímenes o más, es necesario introducir los datos relativos a dichos especímenes en una base de datos. Esta puede ser una simple hoja de cálculo (e.g., Excel) o una base de datos con tablas relacionadas (e.g., Access), aunque muchas instituciones tendrán su propia base de datos. Estas bases a menudo pueden tener muchos campos que no son útiles para una revisión. A continuación, ofrecemos una pequeña relación de los mismos:

- Código de barras
- Recolector principal (con preferencia, iniciales y apellido en campos separados)
- Recolectores adicionales
- Prefijo (algunos recolectores añaden un código o número delante del número de recolector que alude a la expedición de investigación, al año de recolección o al nombre de un determinado proyecto por su acrónimo)
- Número de recolector
- Sufijo (cualquier código que aparezca tras el número de recolector; véase en 'prefijo')
- Fecha de recolección
- País
- Localidad
- Latitud
- Longitud
- Hábitat
- Altitud
- Usos
- Nombres vernáculos
- Familia
- Género
- Especie
- Autor o autores
- Categoría infraespecífica (subespecie, variedad, forma)
- Nombre infraespecífico

- Autor o autores (del nombre infraespecífico)
- Identificado por
- Fecha de identificación
- Código de herbario
- Tipo de
- Notas

A menudo, los herbarios que tienen los especímenes digitalizados querrán enviar los datos en formato digital, que podrán ser cargados en nuestra propia base de datos tras algún ajuste.

d. Observaciones de carácter geográfico y ecológico

El área de distribución de una especie puede ser pequeña o grande y esto, en general, dependerá de si la tolerancia ecológica de la especie es pequeña o grande. La especie que se halla restringida a un determinado territorio se dice **endémica** del mismo. Una especie puede ser endémica de una montaña, un parque nacional, una provincia, un país, un continente, etc. (¡Todas las especies son endémicas del planeta Tierra!) Así pues, decir simplemente que una especie es endémica sin aludir al territorio carece de sentido.

d.1 Mapeo

Como se indicó en el Capítulo 2 (en el párrafo sobre especiación), la información acerca de la distribución geográfica o las preferencias ecológicas pueden ser de ayuda a la hora de tomar decisiones taxonómicas. Mapear las localidades muestreadas de dos táxones emparentados es un ejercicio útil.

Para representar especímenes en un mapa, uno necesita las coordenadas geográficas (latitud, longitud) de cada localidad de recolección. Si no se encuentran en la etiqueta, será necesario obtener las coordenadas por medio de ciertos servicios en línea (véase el recuadro al final de este capítulo), mapas topográficos (a menudo históricos) e incluso informes de expediciones al campo. Este proceso se llama **georreferenciación**. En nuestro tiempo, la mayoría de los recolectores utilizan un GPS (*Global Positioning System*, sistema de posicionamiento global) en el campo, mientras que otros consiguen las coordenadas mediante un mapa topográfico. Puede ser importante añadir *la precisión* de los datos. Cuando un recolector indica "15 km al oeste de Nairobi", sabido que tal ciudad tiene un diámetro de aproximadamente 10 km, uno podría preguntarse si ha de contarlos a partir desde el límite de la ciudad o desde el centro de la misma, o bien si ha de hacerlo en línea recta o a lo largo de la carretera principal que parte de Nairobi hacia el oeste. Por no mencionar el hecho de que, hace cincuenta años, Nairobi ocupaba una superficie mucho menor que la actual. Las coordenadas pueden ser precisas en un rango que varíe de varios metros a kilómetros e incluso más.

Advierta que hay varios sistemas de coordenadas de acuerdo con las distintas 'proyecciones' o maneras en las que el globo se traspone a un mapa. Hay también varios medios de recoger coordenadas. El formato de coordenadas más utilizado por los taxónomos consiste en grados, minutos y segundos pero, en

algunas regiones, se prefiere el sistema de coordenadas UTM (*Universal Transverse Mercator*, Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator). Adverta también que algunos utilizan el formato normal de grados, minutos y segundos DMS (*Degrees, Minutes, Seconds*), e.g., 15°12'55"N 30°21'32"E, mientras que otros prefieren el de grados decimales DD (*Decimal Degrees*), e.g., 1,247°N 25,873°E, o bien el de minutos decimales DM (*Decimal Minutes*), e.g., 11°34,75'N 25°21,30'E. Ciertas herramientas en línea (por ejemplo <http://www.synnatschke.de/geo-tools/coordinate-converter.php>) permiten convertir las coordenadas de los distintos sistemas con facilidad.

Uno debería ser siempre muy cauto cuando tome coordenadas directamente de etiquetas de herbario. Con cierta frecuencia, las etiquetas no están bien elaboradas y no informan acerca del sistema de proyección utilizado o proporcionan las coordenadas en formatos equivocados, e.g., con valores mayores de 60 para minutos y segundos. Asimismo, un error común consiste en la inversión de los indicadores de dirección norte/sur o este/oeste. Estos valores han de ser contrastados con ayuda de la descripción de la localidad.

Google Earth es también una herramienta útil para hallar la localidad de recolección, aunque las recolecciones antiguas puedan haber tenido otros nombres que ya no se utilicen. Para algunas regiones, se dispone de índices de localidades de recolección de plantas y algunas páginas electrónicas suministran mapas históricos (véase el recuadro al final de este capítulo). Las bibliotecas de muchos institutos de historia natural tienen a menudo una buena colección de mapas históricos, registros de recolección (cuadernos de campo de distintos recolectores) o diccionarios geográficos (libros, normalmente dedicados a un país, que contienen todos los nombres de lugar, incluidos ríos, montañas, etc., asociados a sus coordenadas). Los diccionarios geográficos en línea, como *GeoNames* (véase el recuadro al final de este capítulo), también son una buena manera de buscar lugares, ya que ofrecen a menudo sus nombres históricos y permiten opciones de búsqueda 'vagas'. Más aun, un recolector a menudo recolecta en la misma localidad que otros que ya la puedan haber georreferenciado. Consulte las páginas electrónicas que suministran en línea este tipo de datos, en particular aquellas que pertenezcan a instituciones en donde usted sepa que se conservan duplicados de un recolector en particular. Algunas bases de datos de especímenes ofrecen la posibilidad de crear un **itinerario** de cierto rango de números de recolector que puede ayudarle a encontrar la información correcta.

Para representar los datos de sus especímenes en un mapa puede utilizarse *Google Earth*, pero cuando quiere preparar un mapa de distribución de gran calidad para su publicación, debería buscar otros programas (e.g., *DivaGIS*, *QGIS* o *ArcView*).

d2 *Observaciones ecológicas*

La etiqueta de los especímenes de herbario a menudo contiene información acerca de la altitud o de carácter ecológico. Sin embargo, esta normalmente se atiene a la descripción del hábitat. Estos datos pueden, como mucho, servir de apoyo de una decisión taxonómica. La modelización del nicho ecológico puede permitir caracterizar el nicho de un taxon sobre la base de su distribución geográfica, así como si este es significativamente distinto del de otro

taxon. Tales análisis pueden proporcionar un apoyo adicional a una decisión taxonómica, pero son complejos y, a menudo, requieren habilidades y maestría adicionales.

E. Decisiones taxonómicas y nomenclaturales

Tras haber llevado a cabo las pertinentes observaciones morfológicas, geográficas, ecológicas o de cualquier otro tipo, uno puede agrupar los especímenes de herbario en una serie de conjuntos suficientemente homogéneos. Cada pila de material representa un taxon que difiere de los de las otras pilas de acuerdo con sus observaciones. Ahora, cada pila necesita ser asignada a una especie, una subespecie, una variedad o una forma por medio de los criterios descritos en el capítulo 2. La lista de táxones resultante representa la hipótesis acerca del esquema taxonómico correcto del grupo que estudia. Cuando difiere de los tratamientos publicados con anterioridad, se pueden y deben discutir las diferencias.

Se dice a menudo que con esta manera de delimitar táxones se aplica el concepto de especie morfológico (véase el capítulo 2). Sin embargo, cuando pensamos en qué hacen realmente los taxónomos modernos, podemos concluir que están, de hecho y en último término, tratando de interpretar datos morfológicos, geográficos y ecológicos de un concepto biológico de especie basado en poblaciones que no se mezclan. Cuando una pila de especímenes tiene caracteres morfológicos distintivos, uno puede asumir que estos derivan de una base génica distinta que solo puede permanecer como tal si no hay cruce. Se puede decir lo mismo de la información geográfica y ecológica. Un taxónomo generalmente interpreta tales datos a la luz de un potencial cruce. En conclusión, puede decirse que la taxonomía de plantas y hongos fundamentada en el herbario (también la taxonomía de animales basada en especímenes) trata de adherirse a un concepto biológico de especie a través de la interpretación de los patrones observados, sean morfológicos o de otro tipo. Se recomienda incorporar resultados de estudios moleculares, cuando se dispone de ellos, que determinen si las distintas especies están reproductivamente aisladas, aunque esto escapa del alcance de este capítulo.

Resulta bastante común encontrar especímenes con caracteres intermedios entre táxones. Tales intermedios pueden indicar la existencia de flujo génico entre los grupos morfológicos. En las plantas, los híbridos no son infrecuentes y, por tanto, esto no tiene por qué afectar el esquema taxonómico propuesto. Sin embargo, que estos intermedios abundan hace dudar de la bondad de la hipótesis taxonómica y puede conducir a su reevaluación. Cuando se interpretan patrones de variabilidad morfológica, uno debería tener siempre en cuenta que somos capaces de observar solo un fragmento muy corto de un proceso evolutivo mucho más largo.

Después de haber finalizado el esquema taxonómico, el paso siguiente es determinar el nombre científico correcto para cada pila. Aquí es donde se han de tomar las decisiones nomenclaturales.

Localice todos los especímenes tipo de todos los nombres de especie o de taxon infraespecífico y determine en qué pila están (incluso aquellos que puedan no estar físicamente presentes). Los especímenes tipo de cada pila representan los nombres potenciales a considerar por cada taxon particular. Seguir las normas del CIN, como se describe en el capítulo 3, debería conducir a determinar el nombre aceptado y sus sinónimos. Aquella pila que no tenga espécimen tipo es un nuevo taxon que necesitará ser descrito de manera formal.

f. Preparación de descripciones taxonómicas, tratamientos, ilustraciones y claves

En una revisión taxonómica, el tratamiento formal de un taxon comienza con la sección nomenclatural. Primero, tras tener el nombre aceptado, seguido de sus sinónimos homotípicos en orden cronológico encabezados por el nombre más antiguo, el basónimo, y de los datos relacionados con el espécimen tipo. En segundo lugar se disponen los sinónimos heterotípicos, si es que hay alguno, con sus correspondientes sinónimos homotípicos en orden cronológico y con los datos asociados a sus especímenes tipo (véase el ejemplo en el recuadro).

Cuando se crea un taxon nuevo, uno debe cumplir todos los requisitos del CIN para publicar de manera válida su nombre (véase el capítulo 3).

En general, tras la parte nomenclatural sigue la descripción morfológica. Cualquier descripción de taxon debería ser clara, precisa y suficientemente detallada. Contiene los datos en los que descansa su hipótesis taxonómica. La estructura de la descripción es normalmente uniforme para todos los

Ejemplo de la parte nomenclatural del tratamiento de un taxon:

Urochloa dictyoneura (Fig. & De Not.) Veldkamp (Veldkamp 1996: 418). -- *Panicum dictyoneurum* Fig. & De Not. (Figari & De Notaris 1854: 329). -- *Brachiararia dictyoneura* (Fig. & De Not.) Stapf (Stapf 1919: 512). -- Tipo: Sudán, Kordofan, Fazogl, *Figari* s.n. (holo-: FI).

Panicum goliae Chiov. (Chiovenda 1914: 43). -- Tipo: República Democrática del Congo, Catanga, Kayoyo, 20-XII-1911, *Bovone* 87 (holo-: FI).

Panicum humidicola Rendle (Rendle 1899: 169). -- *Brachiararia humidicola* (Rendle) Schweick. (Hubbard & al. 1936: 297). -- *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga (Morrone & Zuloaga 1992: 80). -- *Brachiararia dictyoneura* (Fig. & De Not.) Stapf subsp. *humidicola* (Rendle) Catasús (Catasús Guerra 2001: 16). -- Tipo: Angola, Monino riv., *Welwitsch* 2678 (holo-: LISU, iso-: K).

táxones tratados para facilitar su comparación. Esto implica que cualquier carácter mencionado en la descripción de un taxon deberá también aparecer en los demás. Uno debería evitar terminología vaga o relativa, como 'bastante densamente peloso' o 'muy largo'. Para las formas en dos dimensiones, es recomendable utilizar la terminología estándar proporcionada por el *Systematics Association Committee for Descriptive Biological Terminology* (1962). Las descripciones siguen un formato lógico, en el que los diferentes elementos tratan en un determinado orden: planta – raíz/tallo – hojas – inflorescencia – flor – fruto – semilla. Con cada uno de estos elementos, se empieza de abajo hacia arriba y de fuera hacia dentro. Para cualquier órgano, los caracteres descriptivos pueden ordenarse bien del siguiente modo: número de elementos – posición – forma general – dimensiones generales – base/ápice/márgenes – textura – color y brillo – superficie (suavidad, rugosidad) – indumento o apéndices. Véase con mayor detalle en el cuadro de texto a continuación.

Recientemente se ha publicado una guía, parecida a lo que aparece en este recuadro, para la descripción de hongos en francés (Eyi et al. 2011), que se puede descargar gratuitamente de <http://www.abctaxa.be/volumes/volume-10-les-champignons-comestibles-de-l-afrique-centrale>

En un tratamiento taxonómico, la descripción aparece seguida de varios párrafos acerca de la distribución, hábitat, nombres vernáculos, usos, modos de dispersión, etc. Aquellos especímenes relevantes pueden citarse aquí o en una tabla aparte, como apéndice o material suplementario. El formato específico de estas listas de especímenes varía entre autores y revistas (véase el siguiente párrafo). Puede añadirse también un mapa de distribución.

A continuación, puede añadirse una serie de notas que den cuenta de los argumentos utilizados en la toma de decisiones taxonómicas, en la elección de tipos nomenclaturales, etc.

Es recomendable añadir ilustraciones botánicas a la revisión. Estas tienen un valor incalculable en el proceso de identificación y ayudan al usuario a comprender los elementos diagnósticos de los táxones. Uno mismo puede hacer estas ilustraciones, pero normalmente es mejor pedirlo a un dibujante que esté especializado en ilustración botánica. Llegar a ser un dibujante avezado no solo requiere talento, sino también una inversión considerable de tiempo. Se pueden seguir cursos específicos o estudiar libros que versen sobre esta materia. En algunos países, los artistas botánicos han creado asociaciones a las que uno puede unirse (e.g., <https://www.botanicalartandartists.com> en Inglaterra, <https://www.botanischkunstenarsnederland.nl> en los Países Bajos y la *Société Française d'Illustration Botanique*, <http://www.sfib.fr> en Francia).

Finalmente, uno necesitará preparar una clave para la identificación de los táxones estudiados. La clave deberá ser práctica y ser de utilidad al usuario durante el proceso de identificación. Con preferencia, utilice caracteres que sean observados con facilidad. Véanse más sugerencias en el capítulo 4.

Disposición de la descripción de una planta:

Hábito de la planta, talla, distribución de los sexos, exudado, otros caracteres compartidos por distintos elementos, indumento; tronco y ramas: diámetro, forma y estructura, indumento, corteza o superficie; tallos jóvenes o nudos: tanto para el tallo como para las ramas.

Estípulas: si hay o faltan, posición, dimensiones, base, ápice, indumento, color.

Hojas: posición, si son simples o compuestas; vaina: posición, forma, dimensiones; estípelas: cf. estípulas; pecíolo: forma, longitud, indumento; cuando la hoja es compuesta: raquis: longitud, articulación; pecíolulos: cf. pecíolos; folíolos: si son sésiles, forma, dimensiones; limbo foliar (simple o compuesto): forma, dimensiones, base, ápice, indumento, textura, color; haz y envés; tipo de nervadura; nervio principal: deprimido o elevado; nervios secundarios: número; nervadura terciaria.

Inflorescencia: posición, estructura, forma o dimensiones; pedúnculo: dimensiones, indumento; ejes: posición, indumento; brácteas: posición, forma, dimensiones, indumento; número de flores, bi- o unisexuales.

Flor: posición, simetría, olor; cuando las flores sean unisexuales, describa primero las masculinas; pedicelo: dimensiones, indumento; bractéolas: posición, forma, indumento; botones florales: forma, dimensiones; hipanto: forma, dimensiones; perianto: número de verticilos; sépalos: libres o soldados (número de lóbulos), posición, forma, dimensiones, color, textura, ápice, margen, indumento; pétalos/tépalos: cf. sépalos; disco: nectarios o glándulas, posición, forma, dimensiones, color; androceo: tipo, posición; estambres: número, posición (inserción); filamentos: longitud, color, indumento; anteras: inserción, dehiscencia, forma, dimensiones, color; conectivo: forma, dimensiones; estaminodios: cf. estambres; gineceo: posición, número, indumento; ovario: número, posición, forma, dimensiones, indumento, número de lóculos, placentación; óvulos: inserción, número; estilo: posición, número, forma, dimensiones, color, indumento; estigma: posición, número, forma, dimensiones, color.

Infructescencia: cf. inflorescencia.

Fruto: tipo, tipo de dehiscencia, forma, dimensiones, color, superficie, indumento, número de semillas; peri-, exo- y endocarpo: estructura, dimensiones, color.

Semilla: forma, dimensiones, color, superficie; ariloide/testa: estructura, dimensiones, color; endosperma, cotiledones, embrión, radícula.

Aquellos caracteres descritos en la descripción del género o la familia que no varían en las especies, no se repiten en las descripciones de las mismas.

g. Producción del borrador y publicación

Cuando termina la parte taxonómica del estudio (ya sea el tratamiento del género, la clave para las especies, los tratamientos de las especies, los mapas, las ilustraciones, etc.), es necesario preparar el borrador para su publicación. Cuando la revisión se va a incorporar a una flora, la parte taxonómica es, a menudo, lo único necesario. Sin embargo, cuando uno quiere publicar los resultados en un artículo en una revista científica, necesitará añadir otros párrafos. Mientras que algunos serán de carácter general, e.g., la introducción, el material y los métodos empleados y algún otro también típico de una revisión taxonómica, e.g., la historia del género, donde se proporcione un panorama histórico de los estudios previos y su contribución al esquema taxonómico del género.

A la hora de elegir la revista adecuada a la que enviaremos nuestro borrador, hay una serie de factores importantes a considerar: el factor de impacto, el impacto regional, si proporciona acceso abierto o no y las tasas de publicación. En las revisiones taxonómicas, es importante verificar si la revista acepta las citas de especímenes (y si así fuera, en qué formato). Como las revisiones taxonómicas pueden ser muy largas, pueden haber también limitaciones en el número de páginas.

Finalmente, es costumbre agradecer a todos los herbarios (y a sus conservadores) que nos hayan permitido el acceso a sus colecciones o nos hayan prestado material. En general, apreciarán recibir una copia de la revisión ya publicada.

Recolección de plantas

- Fish L. (2004) La préparation des échantillons d'herbier. Scripta Botanica Belgica 31: 92 p. ISBN 9072619633
- Bridson D., Forman L. (2000) The herbarium handbook, 3rd edition. Richmond, Royal Botanic Gardens, Kew. EAN: 9781900347433

Literatura histórica (lo más útil para rastrear protólogos)

- Biodiversity Heritage Library: <https://www.biodiversitylibrary.org>
- Botanicus: <http://www.botanicus.org>

- Taxonomic Literature: <http://www.sil.si.edu/DigitalCollections/tl-2>
- B-P-H: Botanico-Periodicum-Huntianum (nombres de las revistas y sus abreviaturas estándar): http://fmhibd.library.cmu.edu/fmi/iwp/cgi?-db=BPH_2015&-loadframes

Index Herbariorum

- <http://sweetgum.nybg.org/science/ih>

Información acerca de los usos de las plantas

- Plant Resources of Tropical Africa: <https://www.prota4u.org/database>
- PlantUse: <https://uses.plantnet-project.org/fr/Accueil>

Herbarios digitales e información acerca de los especímenes

- Global Biodiversity Information Facility (GBIF): <https://www.gbif.org>
- Herbario de París MNHN (P): <https://science.mnhn.fr/institution/mnhn/collection/p/item/search>
- Herbario Naturalis, Países Bajos (L, U, WAG, AMS): <https://bioportal.naturalis.nl>
- Jardín Botánico de Meise, Bélgica (BR): <http://www.botanicalcollections.be>
- Tropicos, Jardín Botánico de Misuri, San Luis (MO): <http://www.tropicos.org>

Georreferenciación

- AFRITERRA (mapas históricos de África): <http://catalog.afriterrra.org>
- Cartesius (mapas históricos de Bélgica y África central): <http://www.cartesius.be/CartesiusPortal>
- GEOLocate (Una plataforma para georreferenciar colecciones de historia natural): <https://www.geo-locate.org>
- GeoNames (para encontrar topónimos, también históricos): <https://www.geonames.org>
- Google Earth (programa gratis para ver el globo): <http://www.google.co.uk/earth/download/gep/agree.html>

Bibliografía



- Angiosperm Phylogeny Group (2016) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1–20.
- Bridson D., Forman L. (eds) (2010) *The herbarium handbook*, 3rd ed. Richmond, Royal Botanic Gardens, Kew.
- Brummitt R.K. (2002) How to chop up a tree. *Taxon* 51: 31–41.
- Brummitt R.K., Powell C.E. (eds) (1992) *Authors of plant names. A list of authors of scientific names of plants, with recommended standard form of their names including abbreviations*. London, Royal Botanic Gardens, Kew.
- Darwin C. (1859) *On the origin of species*. London, J. Murray.
- Eyi Ndong H., Degreef J., De Kesel A. (2011) Champignons comestibles des forêts denses d'Afrique centrale, Taxonomie et identification. In: Degreef J. (éd.) *Abc Taxa*, volume 10. Brussels, Belgian National Focal Point to the Global Taxonomy Initiative.
- Fish L. (1999) Preparing herbarium specimens. *Strelitzia* 7: 4–44.
- Fish L. (2004) La préparation des échantillons d'herbier. *Scripta Botanica Belgica* 31. Meise, Jardin botanique national de Belgique.
- Ghorbani A., Wieringa J.J., Boer H.J. de, Porck H., Kardinaal A., Andel T. van (2018) Botanical and floristic composition of the historical herbarium of Leonhard Rauwolf collected in the Near East (1573–1575). *Taxon* 67(3): 565–580.
- Grant V. (1981) *Plant speciation*, 2nd ed. New York, Columbia University Press.
- Holmes S. (2003) Bootstrapping phylogenetic trees: Theory and methods. *Statistical Science* 18(2): 241–255.
- Hörandl E. (2006) Paraphyletic versus monophyletic taxa—evolutionary versus cladistic classifications. *Taxon* 55: 564–570.
- Magnin-Gonze J. (2009) *Histoire de la botanique*. Paris, Delachaux & Niestlé.
- Meier R. (2008) DNA sequences in taxonomy: Opportunities and challenges. In: Wheeler Q.D. (ed.) *The new taxonomy*: 95–127. Boca Raton, CRC Press.
- Michener C.D., Corliss J.O., Cowan R.S., Raven P.H., Sabrosky C.W., Squires D.S., Wharton G.W. (1970). *Systematics in support of biological research*. Washington D.C., National Research Council, Division of Biology and Agriculture.
- Pavord A. (2005) *The naming of names: the search for order in the world of plants*. New York, Bloomsbury.
- Podani J. (2010) Monophyly and paraphyly: A discourse without end? *Taxon* 59(4): 1011–1015.
- Pometti C.L., Cialdella A.M., Vilardi J.C., Saidman B.O. (2007) Morphometric analysis of varieties of *Acacia caven*: (Leguminosae, Mimosoideae): Taxonomic inferences in the context of other Argentinean species. *Plant Systematics and Evolution* 264: 239–249.

- Queiroz K. de (2006) The PhyloCode and the distinction between taxonomy and nomenclature. *Systematic Biology* 55(1): 160–162.
- Raven P. (2004) Taxonomy: where are we now? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, Biological Sciences* 359: 729–730.
- Rouhan G., Gaudeul M. (2014) Plant taxonomy: A historical perspective, current challenges, and perspectives. In: Besse P. (ed.) *Molecular plant taxonomy: Methods and protocols*, vol. 1115: 1–37. New York, Springer Science & Business Media.
- Sokal R.R., Sneath P.H.A. (1963) *Principles of numerical taxonomy*. New York, W.H. Freeman & Co.
- Soltis P.S., Soltis D.E. (2009) The role of hybridization in plant speciation. *Annual Review of Plant Biology* 60(1): 561–588.
- Sosef M.S.M. (1997) Hierarchical models, reticulate evolution and the inevitability of paraphyletic taxa. *Taxon* 46: 75–85.
- Stace C.A., Preston C.D., Pearman D.A. (2015) *Hybrid flora of the British Isles*. Durham, Botanical Society of Britain & Ireland.
- Stuessy T. (2009) *Plant taxonomy, the systematic evaluation of comparative data*. New York, Columbia University Press.
- Systematic Association Committee for Descriptive Biological Terminology (1962) II. Terminology of simple symmetrical plane shapes, Chart 1. *Taxon* 11: 145–156.
- Thiers B. (continuously updated). *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih/>
- Turland N.J., Wiersma J.H., Barrie F.R., Greuter W., Hawksworth D.L., Herendeen P.S., Knapp S., Kusber W.-H., Li D.-Z., Marhold K., May T.W., McNeill J., Monro A.M., Prado J., Price M.J., Smith G.F. (eds) (2018) *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017*. *Regnum Vegetabile* 159. Glashütten, Koeltz Botanical Books.
- Victor J., Koekemoer M., Fish L., Smithies S., Mössmer M. (2004) *Herbarium essentials: the southern African herbarium user manual*. SABONET Report No. 25. Pretoria, SABONET.
- Vorontsova S.M., Knapp S. (2016) A revision of the spiny solanums, *Solanum* subgenus *Leptostemonum* (Solanaceae), in Africa and Madagascar. *Systematic Botany Monographs* 99. London, The Natural History Museum.
- Wiley E.O. (1978) The evolutionary species concept reconsidered. *Systematic Biology* 27(1): 17–26.
- World Conservation Monitoring Centre (1992) *Global biodiversity: Status of the earth's living resources*. London, Chapman & Hall.

Créditos fotográficos

Figura 1. Estatua de Teofrasto en el jardín botánico de Palermo, Italia (fotografía realizada por tato grasso – (trabajos personales), CC BY-SA 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3170845>).

Figura 2. Plinio el Viejo (origen: <https://www.britannica.com/biography/Pliny-the-Elder/images-videos/media/1/464822/234312>, consultada el 16 de agosto de 2019).

Figura 3. Dioscórides (origen: desconocido - <http://huntbot.andrew.cmu.edu>, Dominio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3607187>).

Figura 10. Charles Darwin (origen: <http://www.charlesdarwin.net/biography.jsp>; consultada el 16 de agosto de 2019).



9 789492 663276