

# 14

## CONCEPTOS BÁSICOS EN SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA: LOS DEUTEROSTOMADOS COMO EJEMPLO

Jesús Martín Castillo-Cerón e Irene Goyenechea

### Introducción

La sistemática filogenética o cladística fue propuesta por el entomólogo alemán Willi Hennig en 1950 para poder realizar filogenias con una metodología que fuera comprobable y repetible, cosa que hasta esa fecha no podía hacerse. No existía un método que pudiera seguirse, sino que era la experiencia del investigador la que dictaba qué grupos estaban más emparentados entre sí. Como en cualquier rama de las ciencias, la cladística creó un lenguaje específico que puede resultar un tanto complejo para los ajenos al tema; pero si se revisan estos términos con base en su etimología, y en un orden lógico, éstos se hacen más comprensibles. Los términos básicos utilizados con mayor frecuencia son: cladograma, homología, homoplasia, apomorfía, plesiomorfía, autapomorfía, sinapomorfía y simplesiomorfía, así como grupos monofilético, parafilético y polifilético.

### Conceptos básicos

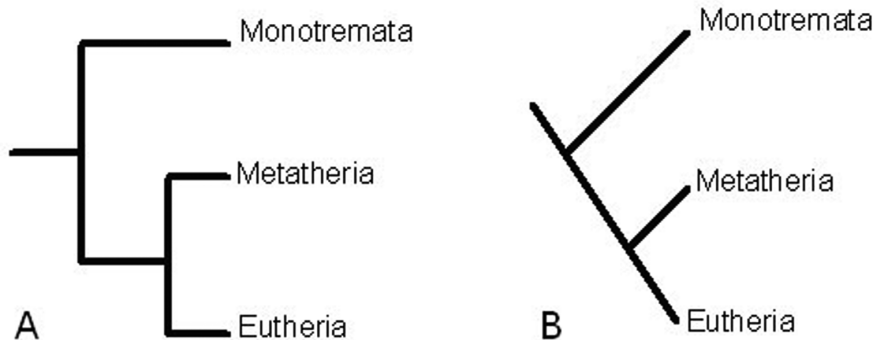
Un cladograma es un diagrama ramificado que indica las relaciones filogenéticas al interior de un grupo biológico (Fig. 1). Contiene un número  $n$  de taxones terminales, los

cuales forman el grupo de estudio o grupo interno; además, hay un taxón que es el grupo externo y sirve para enraizar el árbol. El grupo hermano es el taxón que está más cercanamente emparentado con otro.

El objetivo de la sistemática filogenética es resolver las relaciones genealógicas entre especies y grupos biológicos, las cuales producen grupos naturales. Así, el sistemático busca descubrir grupos monofiléticos o naturales, que corresponden a un especie ancestral y todas sus especies hijas o descendientes (Fig. 2).

Se tienen grupos no naturales o artificiales cuando las relaciones entre sus miembros son de parafilia o polifilia. Así, un grupo parafilético es aquel que contiene al ancestro pero no a todos sus descendientes (Fig. 3). Un grupo polifilético se forma cuando se toman taxones que provienen de ancestros distintos y se incluyen dentro del mismo grupo (Fig. 4).

Para conocer si los grupos son naturales, o no, es necesario que los caracteres que se usen para la reconstrucción de la filogenia sean homólogos. Esto quiere decir que provengan de un ancestro común, aunque hayan sufrido cambios a través del tiempo. Las extremidades anteriores en los



**Figura 1.** Estilos de representación de cladogramas. A, rectangular; B, inclinado o triangular. Ambos confieren la misma información.

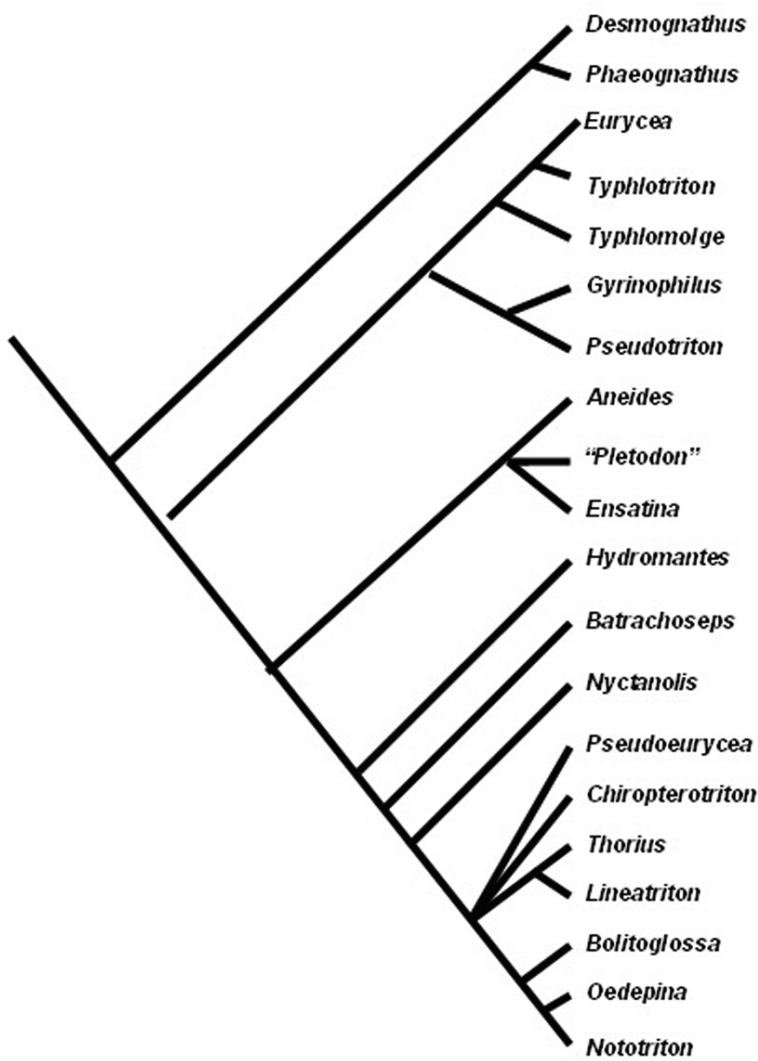


Figura 2. Cladograma de las relaciones filogenéticas entre los géneros de la familia Plethodontidae, un grupo monofilético.

diferentes grupos de mamíferos, las cuales tienen un mismo origen, son un ejemplo de carácter homólogo (Fig. 5).

Cuando los caracteres aparentemente homólogos, que se usan en la reconstrucción filogenética, surgen de manera independiente en el análisis resultante, se habla de homoplasias y éstas pueden ser convergencias o paralelismos. Puede decirse que una homoplasia es una falsa homología, descubierta como tal a posteriori. En un contexto más amplio, una analogía corresponde a una semejanza que existe entre dos estructuras o caracteres que desempeñan una función similar, pero que no provienen del mismo ancestro. Las alas de las mariposas y las de las aves son un ejemplo. Ambas sirven para volar, pero las estructuras y su origen son completamente diferentes. Una está soportada por exoesqueleto de quitina y la otra por un endoesqueleto óseo (Fig. 6).

Con la introducción de la cladística en la década de los cincuenta del siglo XX, la apreciación de las relaciones de parentesco entre las especies se ha ido aclarando y comprendiendo cada vez mejor. El uso y conocimiento de la cladística ha tenido una gran aceptación en el quehacer filogenético, ya que permite esclarecer algunos hiatos de información que no son directamente perceptibles bajo los ojos de la evolución. Uno de éstos es la convergencia evolutiva, proceso por el cual algunas especies no relacionadas desarrollan

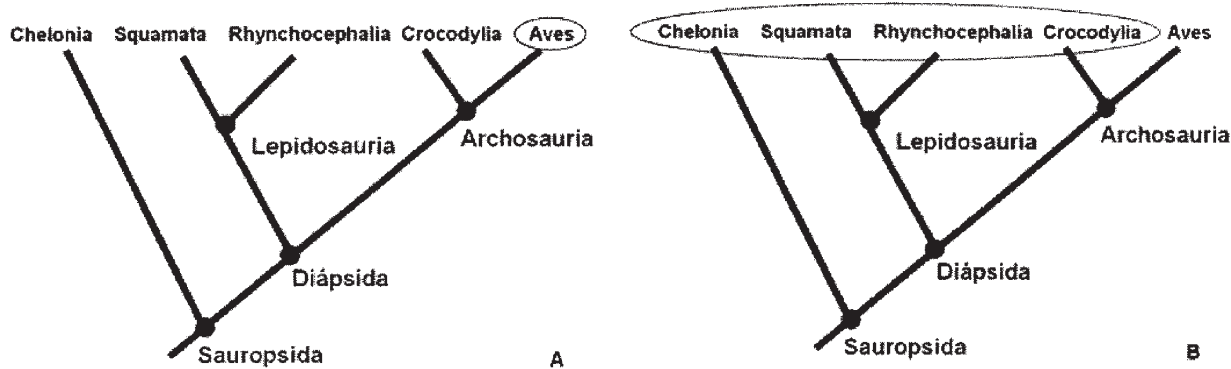
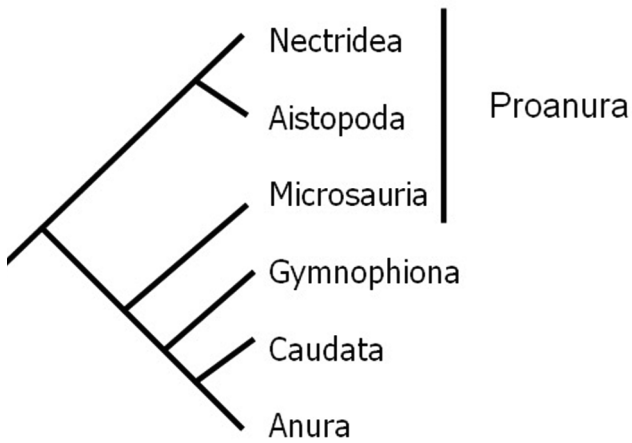
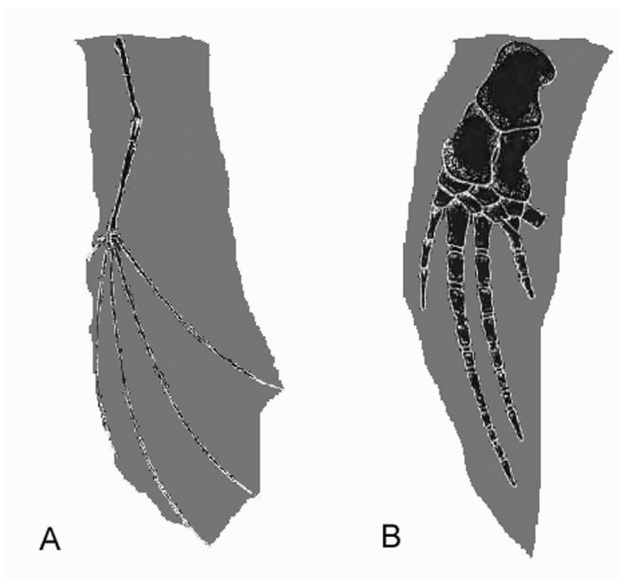


Figura 3. A, si se considera que todos los saurópsidos son reptiles, entonces Reptilia es un grupo monofilético; B, si las aves no son consideradas reptiles, entonces Reptilia es un grupo parafilético. Solamente se incluyen grupos recientes.



**Figura 4.** Los proanuros son un grupo polifilético.

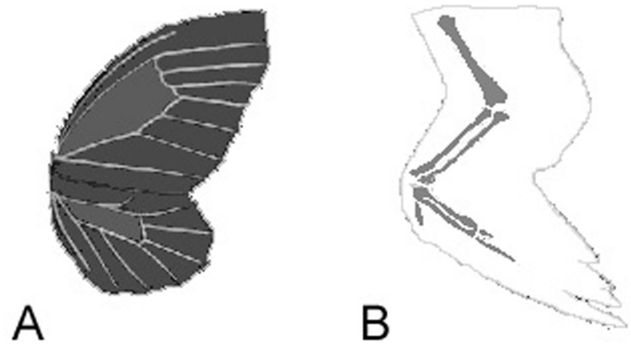
características análogas que modifican estructuras, para adaptarse a formas de vida parecidas. Esta serie de similitudes enmascaran la verdadera historia en la evolución de los grupos. Un ejemplo de lo anterior es el caso de los tiburones, que son peces cartilaginosos, y el de los delfines, que son mamíferos cetáceos (Fig. 7), los cuales poseen similitudes evidentes como: el cuerpo fusiforme y alargado, una aleta dorsal vertical, así como aletas pectorales laterales. Estas características les conceden una forma hidrodinámica, que facilita el desplazamiento y la estabilidad bajo el agua, así como una gran velocidad, además de una morfología parecida. Si se consideraran exclusivamente estas



**Figura 5.** A, extremidad anterior de un murciélago; B, extremidad anterior de un delfín.

características, ambos se clasificarían en un mismo grupo. Sin embargo, cuando se observan con mayor detalle, las similitudes comparadas son externas, por lo que el parecido es también externo y no evidencia un origen común. Por lo tanto, los Chondrichthyes y los cetáceos, pertenecen a grupos filogenéticos diferentes.

Para un especialista en vertebrados, agrupar a los tiburones y delfines sería ilógico. Sin embargo, hay grupos en los que es difícil comprobar un origen común o similitud por homología. Existen grupos que se constituyeron con bases sistemáticas débiles; solamente eran consideradas las características externas similares, por lo que es común que se formen grupos con dos o más taxones que posiblemente han evolucionado convergentemente, y pertenecen a clados diferentes.



**Figura 6.** A, ala de mariposa; B, ala de ave.

Como ejemplo de lo anterior, en los mamíferos se tiene a los pinnípedos (focas, lobos marinos y morsas; Fig. 8), que junto con los fissípedos (perros, osos, mapaches, mustélidos, hienas, civetas y gatos), forman el orden Carnívora. Los pinnípedos han sido tradicionalmente agrupados como carnívoros acuáticos, ya que poseen varias características externas que los unen, aunque estudios más detallados han permitido conocer que provienen de al menos dos líneas evolutivas y ancestros carnívoros diferentes. Por lo tanto, los pinnípedos conforman una agrupación artificial, en lugar de un grupo natural.

Los deuterostomados. Los términos para referirse a los atributos de los taxones en un cladograma son relativos y dependen del nivel de universalidad de que se trate. Un carác-

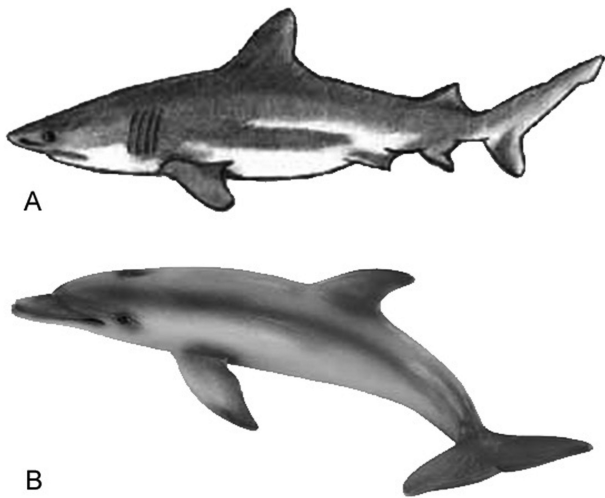


Figura 7. A, tiburón; B, delfín.

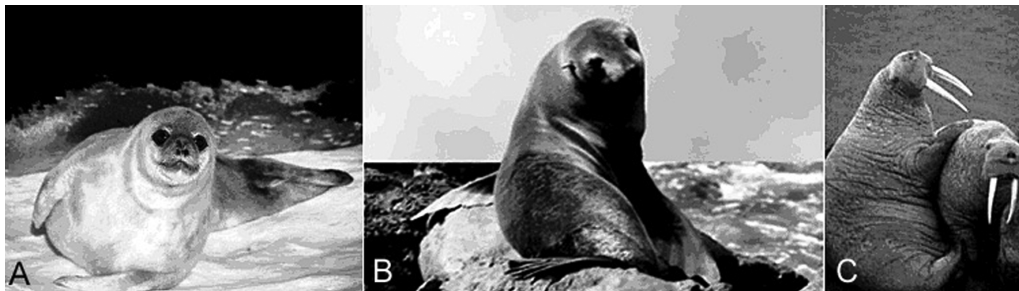


Figura 8. Ejemplos de mamíferos pinnípedos. A, foca; B, lobo marino; C, morsa.

ter al aparecer comienza como una autapomorfía en una especie (Fig. 9A), tal como la notocorda y la cola postnatal en el ancestro de los cordados. Al paso del tiempo, y debido a la diversificación del grupo, dichos rasgos se heredaron a los descendientes, por lo que pueden considerarse como sinapomorfías del grupo (Fig. 9B). Si se observan las relaciones en un nivel de universalidad inferior, por ejemplo dentro de los vertebrados, entonces los rasgos antes mencionados deben considerarse como simplesiomorfías (Fig. 9C).

Estos tres términos (autapomorfía, sinapomorfía y simplesiomorfía), que son difíciles de pronunciar, son fáciles de comprender si se toma en cuenta su etimología. Primero, hay que saber que existen caracteres apomórficos (nuevos) y plesiomórficos (antiguos). A los caracteres apomórficos se les conoce como estados derivados, mientras que a los plesiomórficos se les conoce como primitivos. Cuando un carácter surge en un grupo es un carácter único para el grupo, por lo que es una autapomorfía, puesto que el prefijo “aut” se refiere a único. Al cabo del tiempo, este carácter lo comparten dos o más taxones; entonces, un carácter nuevo compartido es una sinapomorfía, puesto que el prefijo “sim” significa compartido. Un carácter plesiomórfico quiere decir que es antiguo, que ya lo tienen varios taxones, por lo que en realidad se hablará de una simplesiomorfía,

es decir un carácter antiguo compartido.

El grupo de los deuterostomados se caracteriza porque en el desarrollo embrionario el ano se forma en la zona del blastoporo, o cerca de éste, y la boca

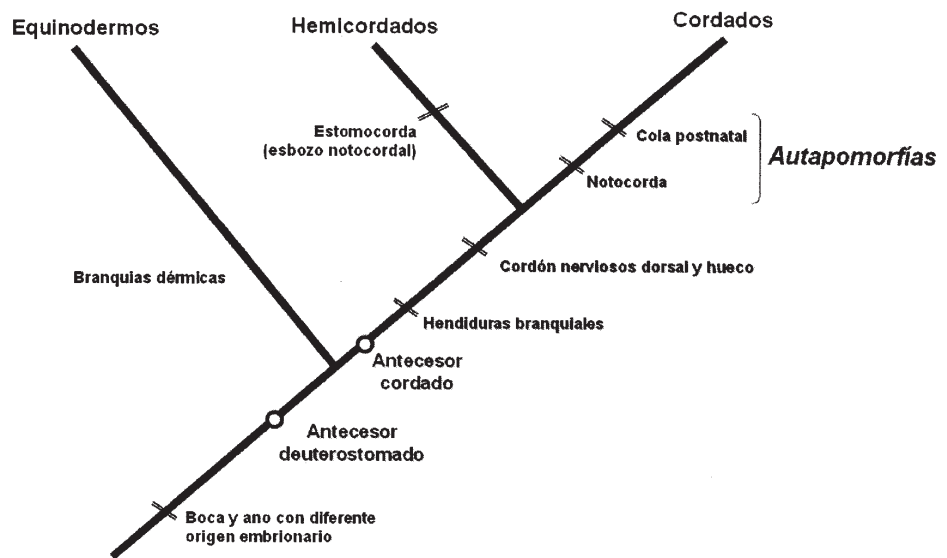
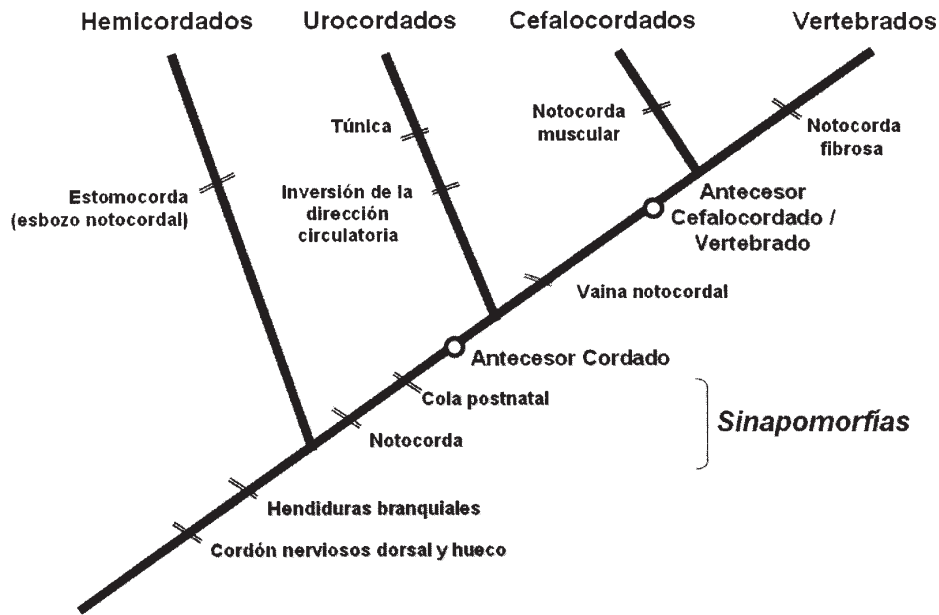


Figura 9A. Cladograma de las relaciones filogenéticas entre los deuterostomados; se enfatizan los caracteres autapomórficos.

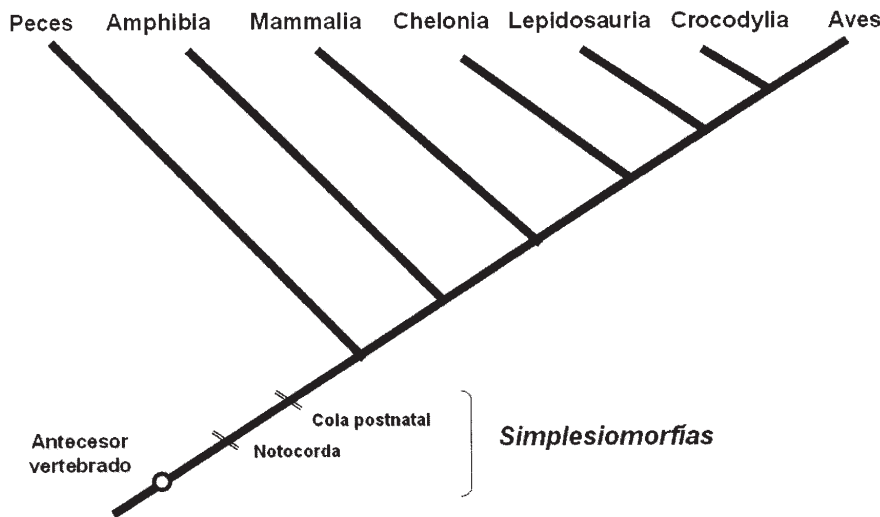


**Figura 9B.** Cladograma de las relaciones filogenéticas entre los deuterostomados; se enfatizan algunos caracteres sinapomórficos.

se forma de manera secundaria en otra área. Existen tres *phyla* que conforman a los deuterostomados: equinodermos, hemicordados y cordados; no obstante, varios autores consideran a los quetognatos como deuterostomados, pero sus relaciones filogenéticas con este grupo son aún inciertas (Fig. 10).

### Los equinodermos

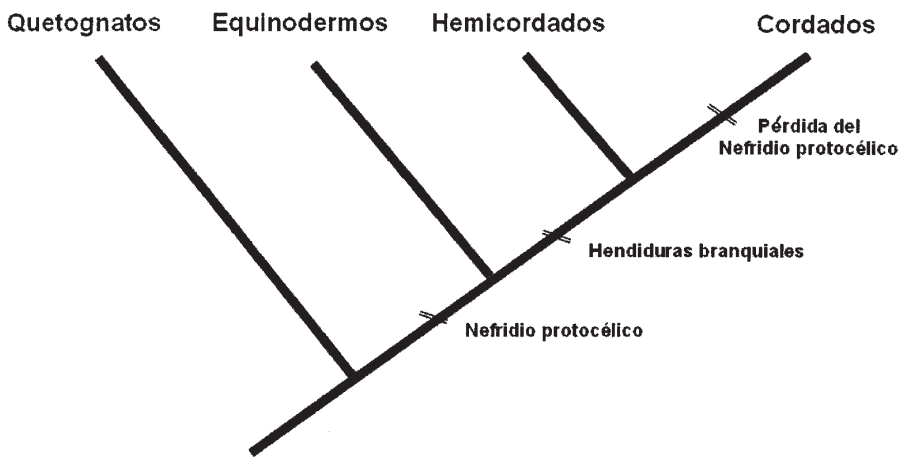
Todos poseen simetría radial, aunque se trata de un rasgo derivado, independiente de los animales primitivamente radiados como los cnidarios y los ctenóforos. Los crinoideos son el único grupo sésil, mientras que los asteroideos y ofiuroides se caracterizan por la presencia de brazos, los que en los primeros engloban el disco, y en los segundos, no. Los equinoideos y los holoturoideos poseen un aparato bucal conocido como “linterna de Aristóteles”, constituido por 35 piezas en los primeros, y diez en los segundos. Además, los holoturoideos en estado adulto poseen simetría bilateral. Con estos caracteres, únicamente, es posible dilucidar las relaciones que guardan estos taxones (Fig. 11).



**Figura 9C.** Cladograma de las relaciones filogenéticas entre los vertebrados; se enfatizan algunos caracteres simplesiomórficos.

### Hemicordados y cordados

Los procordados son un grupo parafilético conformado por gru-



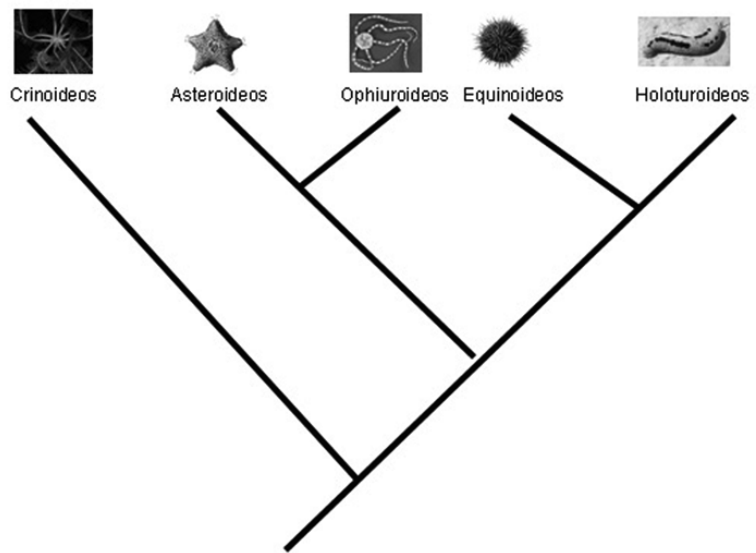
dorsal hueco y hendiduras branquiales (o modificaciones de éstas). Entre los urocordados, las ascidias son sésiles y poseen en la parte superior los sífonos oral y atrial y, su sistema digestivo en forma de U; los taliáceos tienen forma de barril, y los sífonos oral y atrial se encuentran en lados opuestos; finalmente, los larváceos conservan la cola durante toda la etapa adulta (Fig. 13).

**Figura 10.** Cladograma de las relaciones filogenéticas de los deuterostomados.

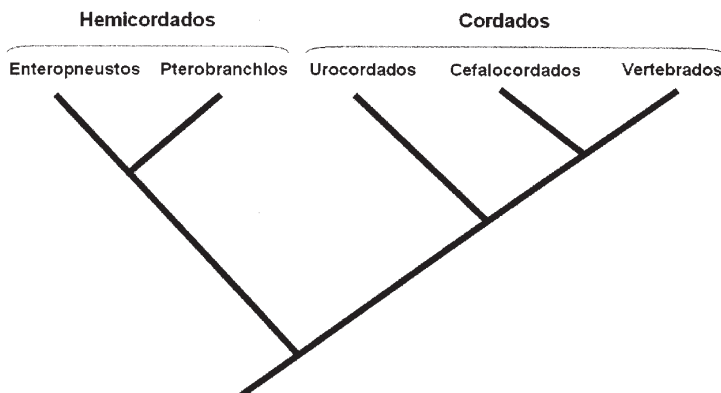
pos unidos por caracteres primitivos, los cuales excluyen a los vertebrados: hemicordados, urocordados y cefalocordados. No obstante, existen caracteres apomórficos que evidencian la monofilia de urocordados, cefalocordados y vertebrados, que así forman el clado de los cordados (Fig. 12).

Los hemicordados poseen una estomocorda (esbozo notocordal), hendiduras branquiales y un cordón nervioso dorsal. Este último sólo se presenta hueco en los Enteropneusta, mientras que es sólido en los Pterobranchia; también se diferencian porque los primeros son móviles, y los últimos, sésiles.

Las características generales de los cordados son una notocorda, un cordón nervioso



**Figura 11.** Cladograma de las relaciones filogenéticas de los equinodermos vivos.

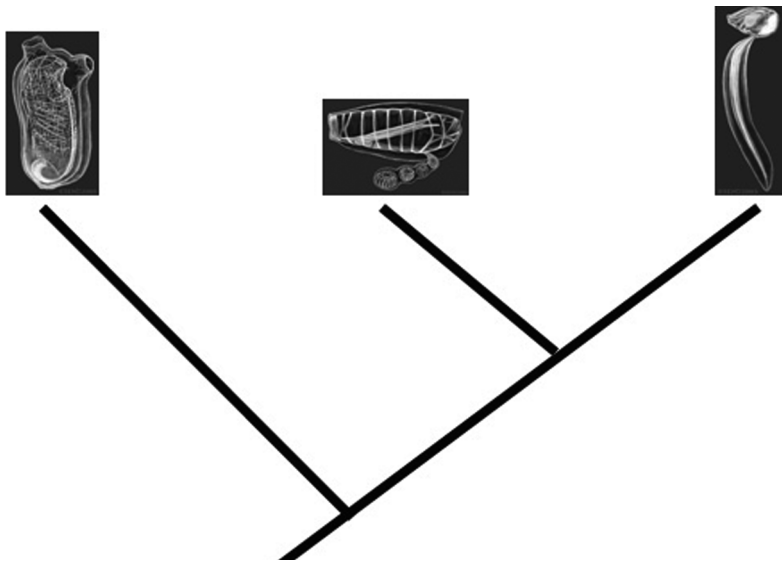


**Figura 12.** Cladograma de las relaciones filogenéticas de los hemicordados y los cordados.

### Los vertebrados

Para los vertebrados o craniatos se han propuesto varias hipótesis de las relaciones filogenéticas que guardan los grupos a su interior. Una de éstas se basa en la visión antigua de seis clases de vertebrados (Fig. 14). Si se excluye a los peces, el grupo restante queda conformado por el grupo natural Tetrapoda (Fig. 15).

Los reptiles o saurópsidos están confor-

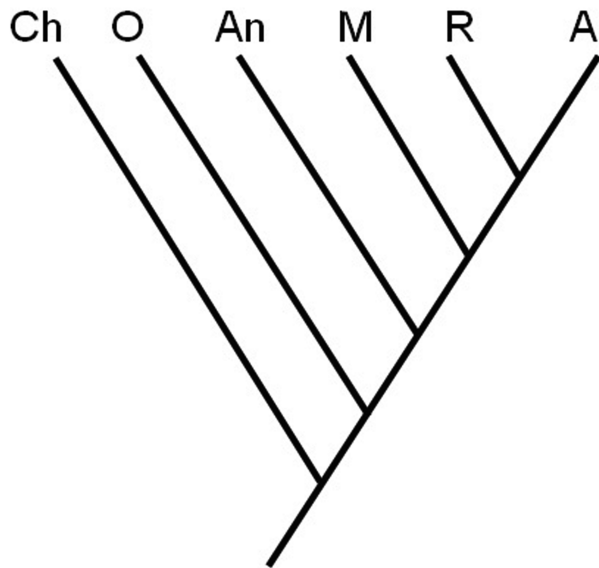


**Figura 13.** Cladograma que muestra las relaciones filogenéticas de los urocordados.

mados por los grupos recientes (Fig. 16): Chelonia (tortugas), Rhynchocephalia (tuátaras), Squamata (anfibénidos, lagartijas y serpientes), Crocodylia (cocodrilos) y Dinosauria (aves y dinosaurios).

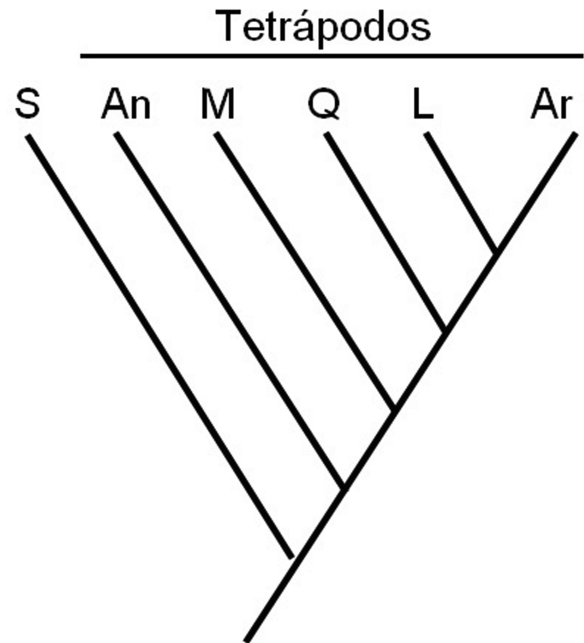
### Los amniotas

La definición tradicional del taxón Amniota está basada en un carácter clave: “cualquier organismo con un huevo



**Figura 14.** Cladograma tradicional de las clases de vertebrados (peces cartilaginosos o Chondrichthyes = Ch; peces óseos u Osteichthyes = O; anfibios = An; mamíferos = M; reptiles = R; y aves = A).

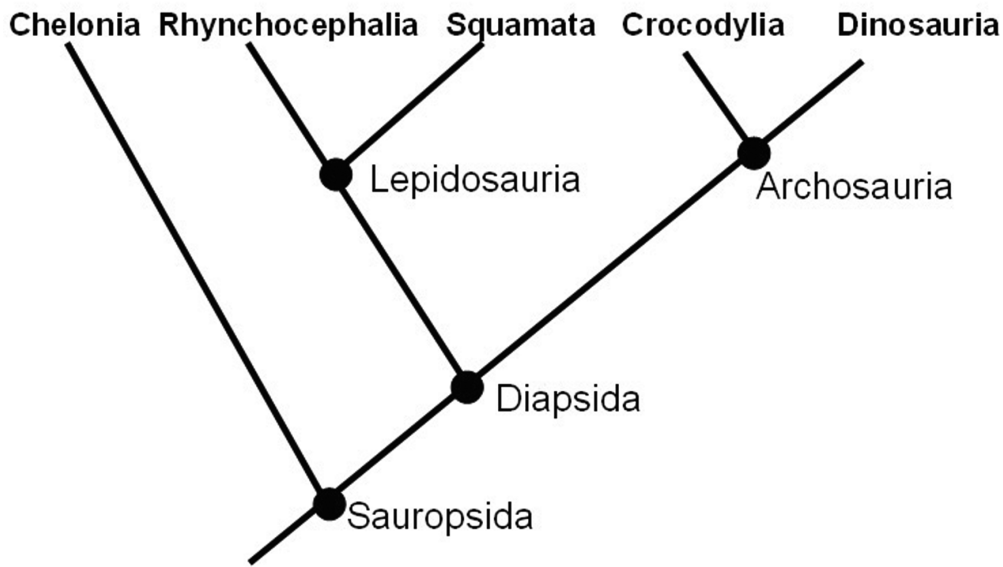
amniota, es un amniota” (Gauthier *et al.*, 1988). De acuerdo con la taxonomía filogenética se puede redefinir a los Amniota: “el clado consiste del primer animal que poseyó el huevo amniota y todos sus descendientes”. Esta definición está basada en una apomorfía: El huevo amniota, e incluye tanto a grupos recientes como extintos. Así, los mamíferos, tortugas, lepidosaurios y arcosaurios (incluyendo a las aves) son amniotas, mientras que los peces, los lissamphibios (Proanura †, Gymnophiona, Urodela y Anura) y todos los demás grupos de vertebrados son excluidos de los Amniota.



**Figura 15.** Cladograma de los tetrápodos. Un grupo de peces óseos, los sarcopterigios (S), se considera el grupo hermano de los tetrápodos (anfibios = An; mamíferos = M; quelonios = Q; lepidosaurios = L y arcosaurios = Ar).

Diversos estudios se han llevado al cabo para determinar la filogenia de los amniotas. Existe un consenso general de que los Amniota son un grupo monofilético y que su grupo hermano es Lissamphibia. Así, los Amniota se integran por seis grupos de organismos actuales (Fig. 17).

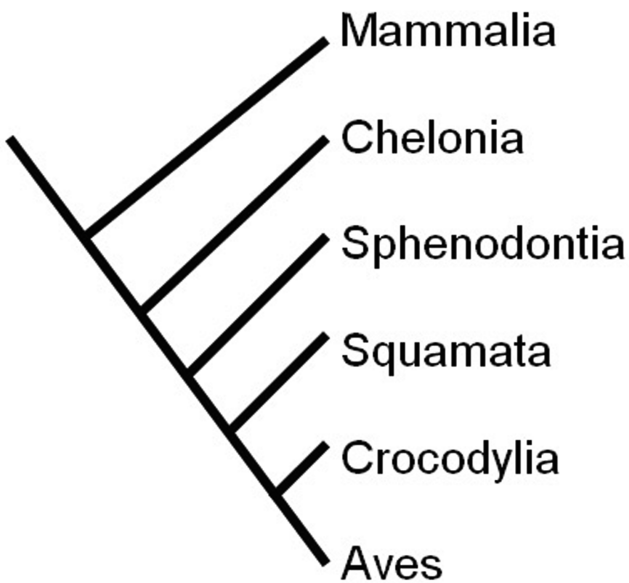
El primer estudio filogenético moderno que se realizó



**Figura 16.** Cladograma de las relaciones filogenéticas de los saurópsidos.

para establecer las interrelaciones de los amniotas recientes fue el de Gauthier y colaboradores (1988), en el que se utilizaron 112 caracteres del cráneo, vértebras, extremidades anteriores y posteriores y sus articulaciones, así como la morfología externa del cuerpo, los cuales fueron analizados con el programa de cómputo PAUP (Swofford, 2003).

En general, los estudiosos del tema han coincidido en utilizar como grupos externos de los amniotas a los



**Figura 17.** Los seis grupos monofiléticos de amniotas recientes.

Seymouriamorpha y Diadectomorpha, estos últimos son reptilnomorfos que comparten características con los amniotas. Las sinapomorfias para los diadectomorfos y amniotas incluyen: reborde del pterigoide dirigido ventralmente y a menudo con dientes, cóndilo occipital convexo completamente desarrollado, postparietal y tabular expuestos solamente en el occipucio, presencia de al menos

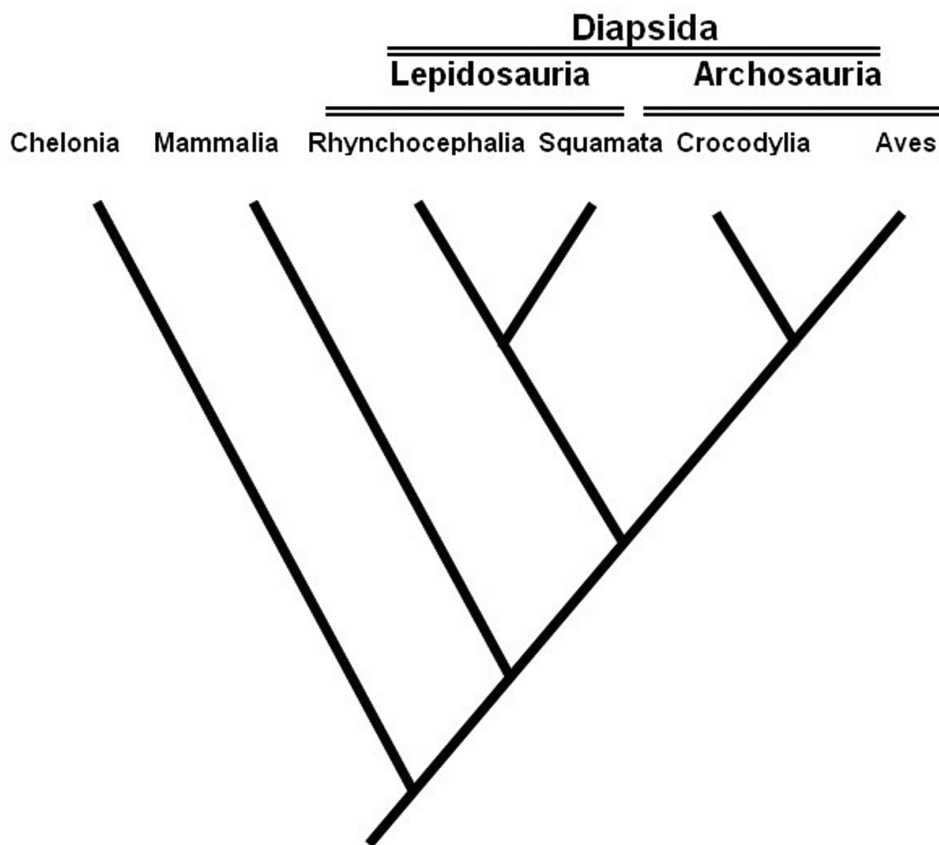
dos vértebras sacras y presencia de astrágalo.

Antes de Gauthier y colaboradores (1988), Gaffney (1980) realizó también una propuesta filogenética de los amniotas, en la cual unió a los Rhynchocephalia, Squamata, Crocodylia y Aves en el grupo Diapsida, con Mammalia como su grupo hermano y Chelonia como grupo externo. En este arreglo los Rhynchocephalia y Squamata se agruparon en Lepidosauria, y los Crocodylia y las Aves en Archosauria (Fig. 18).

Posteriormente, Gardiner (1982) propuso una hipótesis de relación filogenética en la que se basó sólo en grupos recientes. No tomó en cuenta a los fósiles y utilizó principalmente caracteres de la anatomía de las partes blandas. En el clado resultante, Diapsida y Archosauria se separan y las Aves se colocan como grupo hermano de los mamíferos. Listó 28 sinapomorfias entre las aves y los mamíferos, entre las que incluyó caracteres del cráneo, cerebro, sistema circulatorio, glándulas y la homeotermia (Fig. 19).

Løvtrup (1985), al tomar como base el estudio de Gardiner (1982), propuso un cladograma en el que también se rompen los grupos Diapsida y Archosauria, y se establece el clado de aves y mamíferos como Haemothermia. También se separan los grupos de Lepidosauria, con los grupos Squamata y Rhynchocephalia unidos a la base del cladograma (Fig. 20).



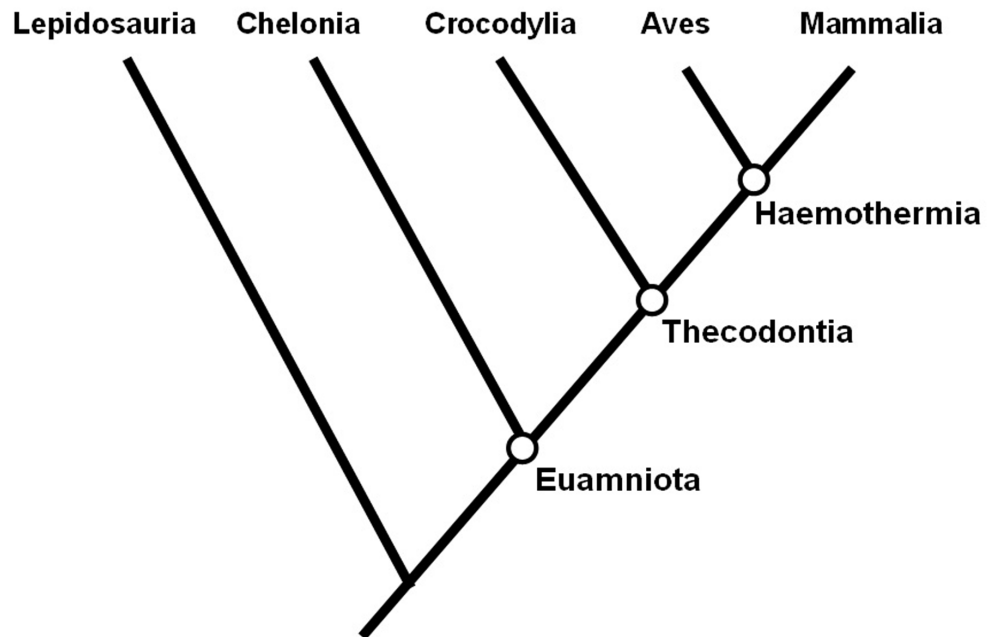


**Figura 18.** Cladograma de las relaciones filogenéticas de los amniotas según Gaffney (1980).

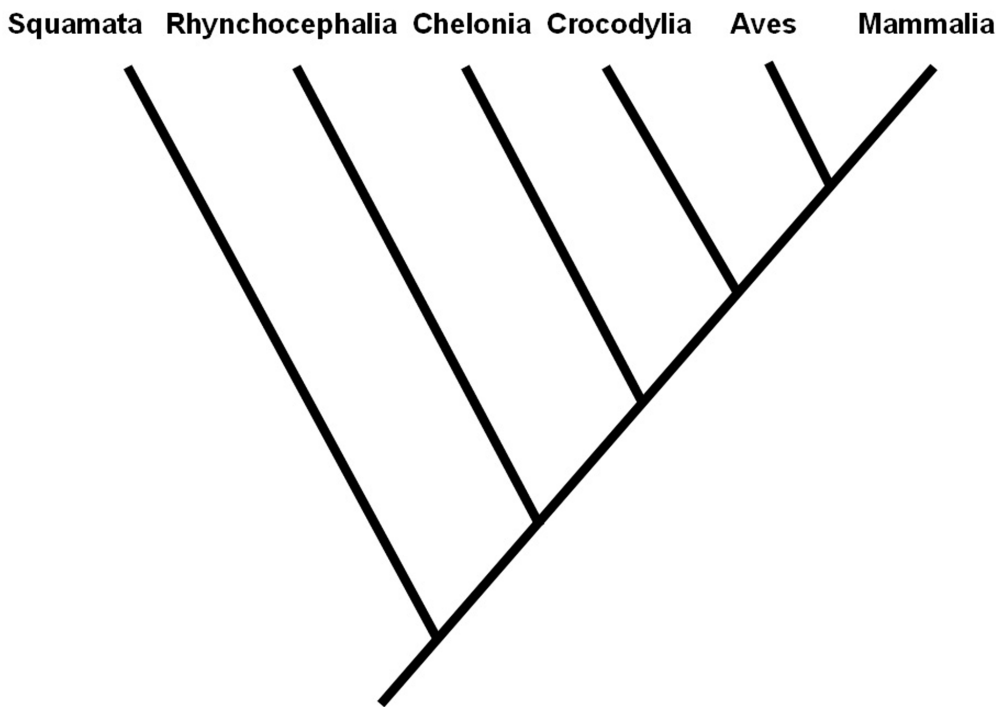
Gauthier y colaboradores (1988) reanalizaron los caracteres de Gardiner (1982) y Løvtrup (1985), e incluyeron caracteres derivados de algunos grupos fósiles de amniotas. El análisis filogenético lo hicieron considerando taxones recientes y fósiles, por separado y en conjunto; también se basaron en la anatomía de las partes blandas y duras, por separado y combinadas. Los cladogramas resultantes sólo difieren del de Gardiner (1982) en el cambio de la posición de los

mamíferos y los cocodrilos. El estudio aporta suficiente evidencia para considerar a los Squamata y Rhynchocephalia como un grupo monofilético (Fig. 21).

Al agregar fósiles al análisis, el resultado que obtienen es diferente (Fig. 22). En este cladograma se restablece a los grupos Archosauria y Diapsida. Las tortugas y diápsidos comparten al menos siete sinapomorfías (tabular pequeño o ausente, supratemporal pequeño o ausente, supratemporal con una cresta anterior, y foramen en el palatino, entre otras) que rebasan a las propuestas para unir a los mamíferos y diápsidos.



**Figura 19.** Cladograma de las relaciones filogenéticas de los amniotas según Gardiner (1982). Solamente se consideran grupos recientes.



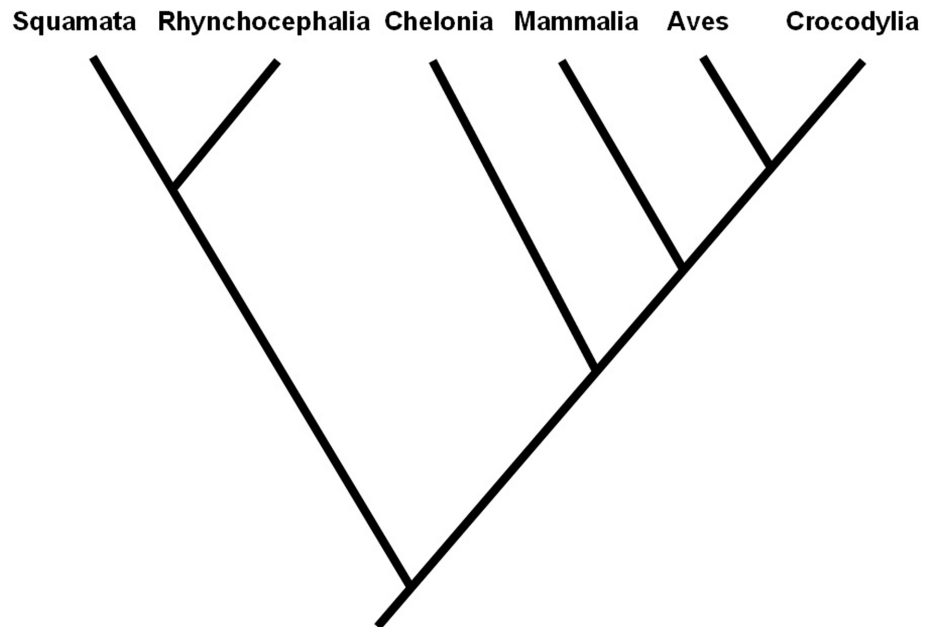
**Figura 20.** Cladograma de las relaciones filogenéticas de los amniotas según Løvtrup (1985).

Al parecer, la clasificación más consistente es la de Gauthier y colaboradores (1988), por lo que debe considerarse el clado de los Sauropsida como incluyente de Chelonia, Lepidosauria y Archosauria, en la nomenclatura de los grupos de Amniota (Sinapsida y Sauropsida), de manera que los taxones incluidos formen grupos monofiléticos. De acuerdo a lo anterior, las aves se ubican dentro de los arcosaurios, específicamente en los dinosaurios. Los Reptilia o Sauropsida constituyen un grupo monofilético o natural, que incluye a los siguientes taxones recientes: Chelonia, Lepidosauria (Rhynchocephalia y Squamata), Crocodylia y Aves.

Según Benton (1991), las relaciones filogenéticas de los grupos amniotas recientes han

sido causa de disputas; en particular, porque muchos datos de las partes blandas, fisiológicos y moleculares, apoyan la unión de las aves con los mamíferos. Sin embargo, concluyó que el balance de las evidencias está a favor de la monofilia de Lepidosauria, Archosauria, Diapsida y Sauropsida, con Sinapsida (mamíferos junto con sus parientes extintos) como el grupo hermano de los Sauropsida (Fig. 23).

Los ejemplos anteriores permiten proponer un ejercicio ficticio. Si se realizara un cladograma de los tetrápodos únicamente con los organismos ápodos, el



**Figura 21.** Cladograma de amniotas según Gauthier y colaboradores (1988). Se consideran algunos grupos fósiles.

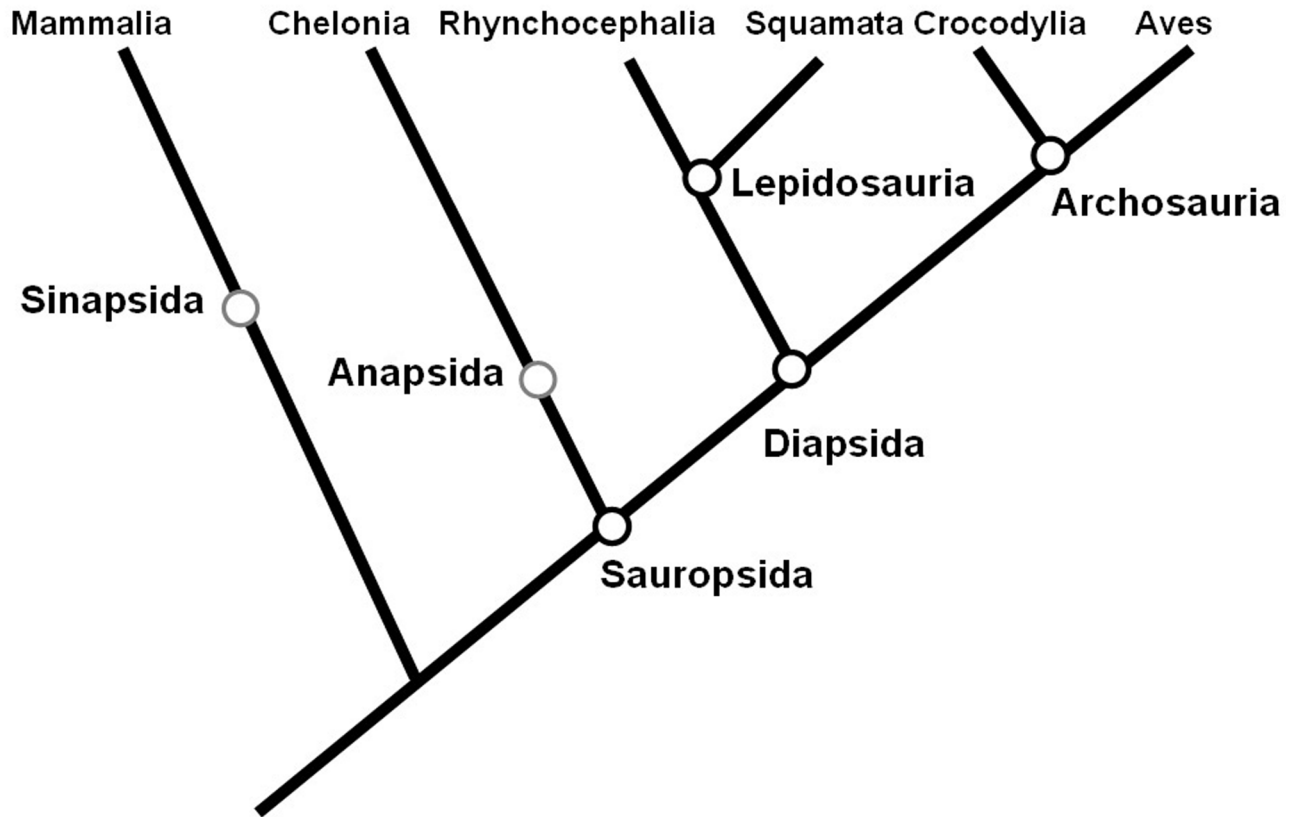


Figura 22. Cladograma de los amniotas según Gauthier y colaboradores (1988). Se consideran algunos taxones fósiles.

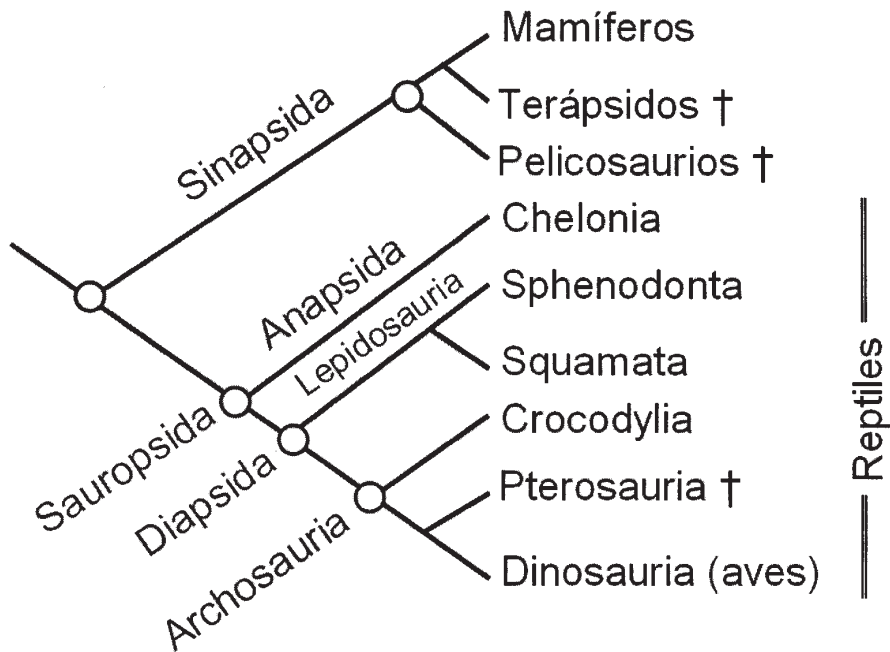
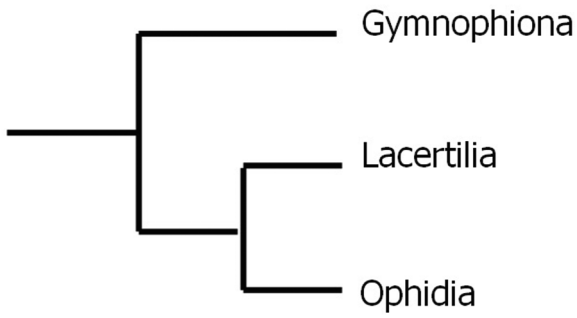


Figura 23. Cladograma de las relaciones filogenéticas de los Amniotas (fósiles y recientes). † = grupo extinto.



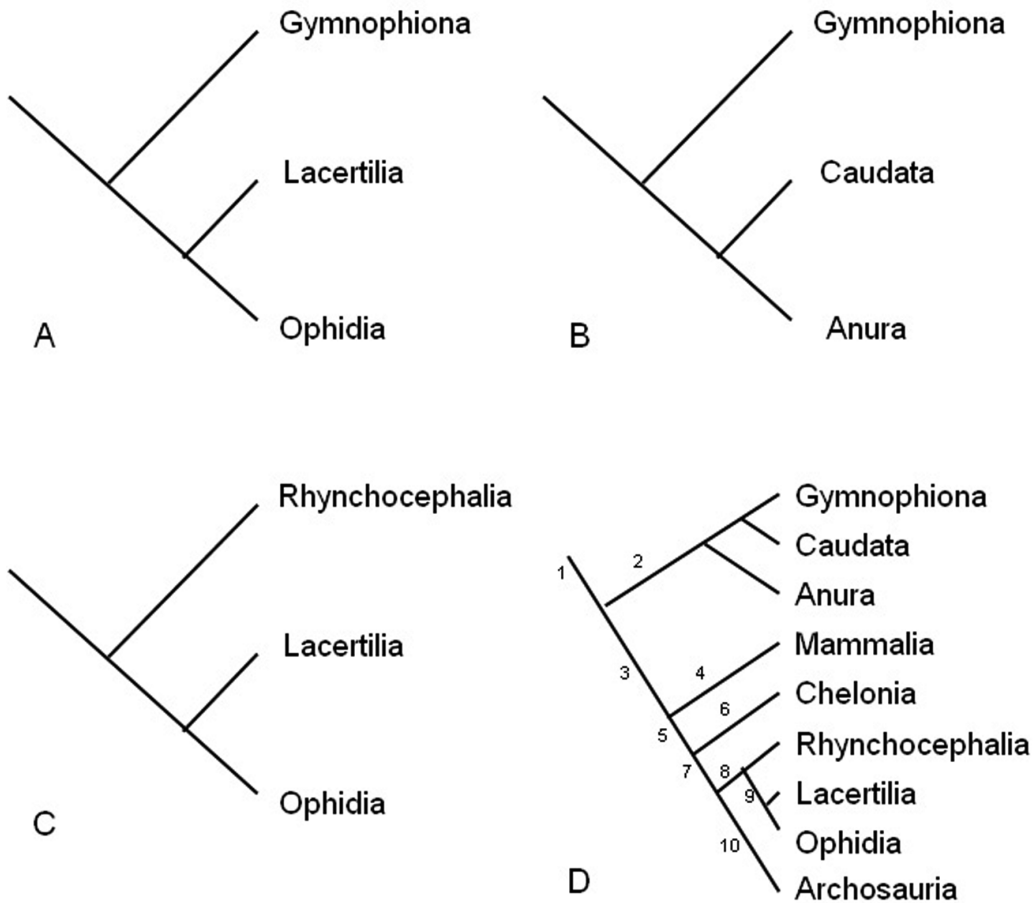
**Figura 24.** Cladograma de taxones tetrápodos ápodos.

cladograma resultante sería el de la figura 24.

La ausencia de extremidades es una pérdida secundaria, por lo que los grupos ápodos no forman un grupo monofilético; las únicas relaciones naturales serían entre lacertilios (con anfisbénidos) y ofidios, los cuales son grupos hermanos que constituyen a Squamata, aunque en Lacertilia

solamente algunas especies son ápodas (Fig. 25).

Aun cuando a primera vista la cladística puede resultar complicada, como se presentó en este capítulo, en ocasiones se pueden obtener resultados contrastantes, pues se trata del único método que ha probado ser robusto y capaz de recobrar las relaciones filogenéticas de los grupos biológicos con base en morfología. A pesar de que en la actualidad existen, además de la máxima parsimonia, métodos como la máxima verosimilitud o el análisis bayesiano, éstos mantienen las bases del método cladístico: las sinapomorfías y los caracteres homólogos como fundamento para recobrar la filogenia.



**Figura 25.** A, cladograma de las relaciones ficticias de los tetrápodos ápodos; B, cladograma de los anfibios; C, cladograma de Lepidosauria; D, cladograma de Tetrapoda, donde 1 = Tetrapoda; 2 = no Amniota; 3 = Amniota; 4 = Sinapsida; 5 = Sauropsida; 6 = Anapsida; 7 = Diapsida; 8 = Lepidosauria; 9 = Squamata y 10 = Archosauria.

## Literatura citada

- Benton, M. J. 1991. Amniote phylogeny, pp. 317-330. En: H.-P. Schultze y L. Trueb (eds.). *Origins of the higher groups of tetrapods: controversy and consensus*. Cornell University Press, Ithaca.
- Gaffney, E. S. 1980. Phylogenetic relationships of the major groups of amniotes, pp. 593-610. En: A. L. Panchen (ed.). *The terrestrial environment and the origin of land vertebrates*. The Systematics Association Special Volume 15. Academic Press, London.
- Gardiner. 1982. Tetrapod classification. *Zoological Journal of the Linnean Society* 74: 207-232.
- Gauthier, J., A. G. Kluge, y T. Rowe. 1988. The early evolution of the Amniota, pp. 103-155. En: M. J. Benton (ed.) *The phylogeny and classification of the tetrapods*. The Systematics Association Special Volume 1: amphibians, reptiles, birds. Clarendon Press, Oxford.
- Hennig, W. 1950. *Grundzüge einer theorie der phylogenetischen systematik*. Deutscher Zentralverlag, Berlin.
- Løvtrup, S. 1985. On the classification of the taxon Tetrapoda. *Systematic Zoology* 34: 463-470.
- Swofford, D. L. 2003. PAUP\*. *Phylogenetic analysis using parsimony (\*and other methods)*. Versión 4.0b10. Sinauer Associates, Sunderland.

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a los autores por su entusiasmo en participar; por su confianza en que el libro se publicaría; y, finalmente, por su paciencia. Éste, en cierta forma, ha sido un experimento —exitoso debemos decir—, en gran medida para estimular la interacción entre los profesores investigadores del Área Académica de Biología. Por supuesto, ha sido grato tener la participación de quienes ya no forman parte de nuestra institución, así como la del Dr. Antonio Lazcano, de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Ojalá en futuros proyectos editoriales podamos ampliar la interacción con una mayor diversidad de colegas. Agradecemos el apoyo de Jorge Alberto González Martínez, pasante de nuestra licenciatura en Biología, quien elaboró varias de las figuras (en cuyas leyendas se señala su contribución), así como la ilustración de la portada. El Dr. José Luis Navarrete-Heredia y la Universidad de Guadalajara autorizaron que se incluyera un artículo aparecido en la revista entomológica *Dugesiana*, el cual forma el penúltimo capítulo del libro. Gracias al Dr. Jorge Llorente Bousquets, de la Facultad de Ciencias de la UNAM, por permitirnos utilizar en el sexto capítulo la ilustración del *árbol monofilético de descendencia de los organismos* de Haeckel, tomado del volumen VII de *Principia Taxonómica*, editado por la UNAM. Gracias también a la Secretaría de Educación Pública, por los fondos para la impresión, a través del PIFI otorgado a nuestra institución, así como por los fondos del PROMEP, que de diversas maneras nos han facilitado nuestra labor académica. Reconocemos ampliamente al M. en C. Octavio Castillo Acosta, Director del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería (ICBI) de nuestra universidad, así como al M. en C. Juan Homero Roldán Rojas, Coordinador del Posgrado del ICBI, por el apoyo para la edición de esta obra. También, gracias a nuestro director, Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez, por el esfuerzo que ha puesto, a través de los últimos años, al conducir el destino de nuestra querida Área Académica de Biología. Finalmente, uno de nosotros (ACR), expresa un cálido “gracias” a los demás editores y compañeros (CCC, IG, UI), con la entera confianza de que es un gesto mutuo. Como equipo ha sido muy grato compartir la experiencia de ver surgir este libro, pero sobre todo, hacer que de manera natural los formalismos y obligaciones del trabajo diario queden obviados dentro de un clima de amistad y generosidad.

# ÍNDICE

PREFACIO.....	5
EDITORES.....	6
AUTORES.....	7
1 La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad.....	11
Atilano Contreras-Ramos e Irene Goyenechea	
2 El método natural de clasificación y los caracteres de comparación universal.....	23
Ulises Iturbe y Antonio Lazcano	
3 En búsqueda de los caracteres apropiados para hacer clasificaciones.....	41
Consuelo Cuevas Cardona	
4 Controversias en sistemática filogenética.....	47
Irene Goyenechea y Atilano Contreras-Ramos	
5 Inferencia filogenética mediante secuencias de DNA: un ejemplo con los pinos piñoneros.....	55
David S. Gernandt, Omar Zerón Flores e Irene Goyenechea	
6 Avances en la taxonomía y sistemática de los hongos: una revisión general.....	67
Leticia Romero Bautista	
7 El potencial de la evidencia fósil en la reconstrucción filogenética.....	75
Víctor Manuel Bravo-Cuevas y Katia Adriana González-Rodríguez	
8 Un enfoque paleobiológico sobre la biodiversidad.....	85
Carlos Esquivel Macías	
9 Un acercamiento a la clasificación de los hongos.....	95
Ángel Moreno-Fuentes	
10 La etnobotánica como herramienta para el estudio de los sistemas de clasificación tradicionales.....	103
Norma Hilgert	
11 Conocimiento sistemático para la conservación biológica.....	113
Claudia E. Moreno, Guillermo Gil, Gerardo Sánchez-Rojas y Alberto E. Rojas-Martínez	
12 Técnicas de recolecta de plantas y herborización.....	123
Arturo Sánchez-González y Manuel González Ledesma	
13 Métodos para estudios en sistemática de Megaloptera (Insecta: Neuropterida) con base en morfología Atilano Contreras-Ramos.....	135
14 Conceptos básicos en sistemática filogenética: los deuterostomados como ejemplo Jesús Martín Castillo-Cerón e Irene Goyenechea.....	145

*La sistemática,*  
*base del conocimiento de la biodiversidad*  
se terminó de imprimir en agosto de 2007,  
en los talleres de Litho Offset ARESA,  
Javier Martínez 218, Col. Escuadrón 201, México, DF,  
diagramado y supervisado  
en su producción por Amalgama Arte Editorial, S.A de C.V  
Tel. 5511 3096  
amalgamaeditorial@gmail.com  
El tiro fue de 500 ejemplares.