



Max Telford

EL

ÁRBOL

DE LA

VIDA

El mayor
enigma
de la ciencia

geoPlaneta
CIENCIA



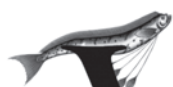
Max Telford

EL

ÁRBOL



DE LA



VIDA

El mayor
enigma
de la ciencia

EL ÁRBOL DE LA VIDA — El mayor enigma de la ciencia

1.^a edición

geoPlaneta

Diagonal 662-664. 08034 Barcelona

info@geoplaneta.es — www.geoplaneta.com

DE LA EDICIÓN ORIGINAL

Título original: *The Tree of Life — Solving Science's Greatest Puzzle*

© del texto y los gráficos: Max Telford, 2025

DE LA EDICIÓN ESPAÑOLA

© Editorial Planeta, S.A., 2025

© de la traducción: Alberto Delgado, 2025

Realización: Planeta

ISBN: 978-84-08-29938-7

Depósito legal: B. 21.509-2024

Impresión y encuadernación: Black Print

Printed in Spain — Impreso en España

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor.

La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías. Al comprar este libro estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento.

En **Grupo Planeta** agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan seguir desempeñando su labor.

Dirígete a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesitas fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puedes contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

Queda expresamente prohibida la utilización o reproducción de este libro o de cualquiera de sus partes con el propósito de entrenar o alimentar sistemas o tecnologías de inteligencia artificial.



SUMARIO

Introducción	9
PARTE I. ¿QUÉ ES EL ÁRBOL DE LA VIDA?	
1. El mayor enigma de la ciencia	17
2. La venus atrapamoscas y otros parientes improbables	39
3. Un primo lejano de las profundidades oceánicas	53
4. La verdadera historia de las aves y las abejas	63
5. ¿Somos peces todavía?	79
6. Unos números abrumadores	87
7. La materia de los genes	97
PARTE II. CÓMO VIAJAR EN EL TIEMPO	
8. Les presento a LUCA, el último antepasado común universal	109
9. Evolución de la cabeza a la cola y el primer animal	125
10. Cómo les salieron alas a los insectos	135
11. Los autostopistas microscópicos responsables de ti y de mí	145
12. Cuando los árboles se equivocan	165
13. Problemas con los genes	179
14. Roca de los siglos (o siglos de rocas)	191
15. Nuestros genes dan la hora	205
16. Embriones y gusanos flecha	219
17. La dieta de los gusanos	227

PARTE III. TRAZAR NUESTRO ÁRBOL GENEALÓGICO

18. Los primeros tres mil millones de años	243
19. Los primeros animales	261
20. El camino hasta los mamíferos	275
21. El final del viaje	285
22. Nuestros árboles interiores	301
23. Desconocidos desconocidos y el final de la cuestión	319
Agradecimientos	331
Bibliografía	333
Índice	359

EL MAYOR ENIGMA DE LA CIENCIA

En la primavera del 2022, la Universidad de Cambridge informó de la misteriosa reaparición de un par de objetos de valor incalculable: dos de los cuadernos de Charles Darwin («B» y «C»), con sus anotaciones y dibujos, fechados en 1837, al principio de la larga gestación de su teoría sobre el origen de las especies. Los cuadernos habían desaparecido veintidós años atrás, cuando la universidad digitalizó su archivo Darwin, pero la pérdida no se advirtió en ese momento, quizá por el caótico proceso de la propia digitalización. Los habían guardado juntos en una caja del tamaño de un libro en rústica, y al principio se los dio por perdidos en algún punto de los 210 kilómetros de estanterías que se extienden por los sótanos de la biblioteca universitaria. Tras repetidas e infructuosas búsquedas durante casi dos décadas, los bibliotecarios de la universidad se dieron por vencidos en el 2017 y, cabe imaginar que con la cara un poco colorada y las manos sudorosas, solicitaron ayuda. «Rogamos a cualquiera que sepa algo sobre el paradero de estos objetos de valor incalculable que se ponga en contacto con nosotros», dijo Sharon Burrell, subinspectora de la policía de Cambridgeshire.¹ Burrell no exageraba al subrayar la importancia de estos cuadernos. En el cuaderno B se halla el primer diagrama conocido de un árbol de la evolución dibujado por Darwin, lo que hoy denominamos el boceto del «Árbol de la Vida». Finalmente, los cuadernos reaparecieron el 9 de marzo del 2022, todavía en su estuche y en perfecto estado, dentro de

una llamativa bolsa rosa y dirigidos a la atención del bibliotecario; aún se desconoce la identidad del ladrón.

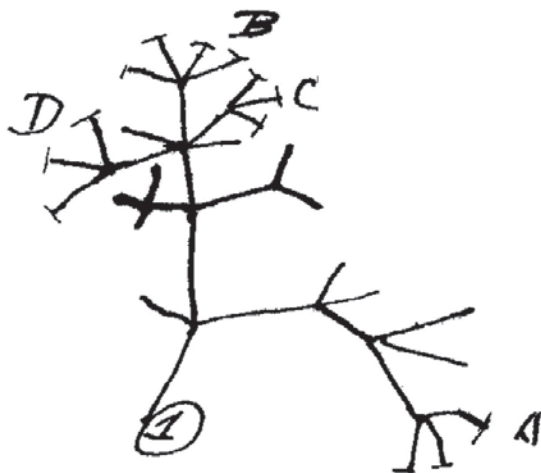


FIGURA I: Dibujo del «Árbol de la Vida» de Darwin, tomado del cuaderno B (1837).

El famoso árbol de la vida de Darwin (anotado con el comentario gnómico «Creo») constituye, pese a su escaso tamaño y su simplicidad, un prototipo preciso de los árboles de esta clase que usamos hoy. Es precisamente su sencillez lo que lo convierte en un diagrama perfecto, fácil de entender y capaz, al mismo tiempo, de transmitir una gran cantidad de información. En la base distinguimos una raíz que nos habla del antepasado del que debieron de surgir todas las especies del árbol. De esta raíz crece un tronco cuya extensión nos indica el paso del tiempo. En un determinado punto el tronco se divide: una sola especie se convierte en dos, y estas dos evolucionan hasta diferenciarse. Cada una de estas ramas hermanas se divide a su vez y genera más ramas. Por último, en los extremos de cada rama encontramos diversas especies. Las ramas del árbol nos muestran —y esto es lo más importante— el parentesco entre esas especies. De las divisiones

más recientes del árbol salen hermanos; de las divisiones más bajas del árbol, parientes más lejanos. Para abarcar la totalidad de la vida y la historia completa de la evolución, lo único que tenemos que hacer con este arbolito, además de trepar por su tronco, es añadir más especies emparentadas por más ramas. Las reglas de su construcción e interpretación, y la información que transmite, se mantienen inalterables a medida que va creciendo.

Los árboles de la vida son mucho más antiguos que el de Darwin. Se usaron por primera vez como símbolos en el arte, la literatura y, sobre todo, la religión de muchas culturas —nórdica, mesopotámica, china, zoroástrica—, y sus significados, con frecuencia oscuros, son tan diversos como los pueblos que los describieron, pintaron y tallaron.²

El significado del árbol de la vida darwiniano es completamente distinto del de estos símbolos místicos, pero, incluso en ausencia de misterio o metáfora, lo que nos cuenta es extraordinario. La palabra «vida» no hace referencia ni a la duración de la vida humana (una vida) ni a la condición de estar vivo (la vida en oposición a la muerte); es más bien un todopoderoso nombre colectivo que abarca cuanto vive y ha vivido, todas las especies que existen hoy y todas las que han existido. El árbol que conecta esta asombrosa colección de seres es un diagrama preciso, una representación perfecta de los parentescos —los parentescos *evolutivos*— que se establecen entre ellos.

Con su bello y claro lenguaje decimonónico, Darwin explica el uso de un árbol para representar la evolución:

Las afinidades de [las relaciones entre] todos los seres de la misma clase se han representado en ocasiones con un gran árbol. Creo que este símil dice una gran verdad. Las ramas verdes y provistas de brotes pueden representar las especies existentes; y las producidas durante cada año anterior pueden representar la larga sucesión de especies extintas.

Confieso que estoy citando selectivamente, porque la versión completa del árbol de la vida de Darwin se acerca mucho más que el árbol de la vida moderno a un símil del *proceso* de la evolución. Darwin emplea también su árbol para representar la competencia entre especies, la lucha por la existencia y la supervivencia de los más aptos:

En cada período del crecimiento, todas las ramas han intentado echar brotes por todos lados y sobresalir y matar a las ramas circundantes, de igual manera que las especies y grupos de especies han intentado imponerse a otras especies en la gran batalla por la vida.*³

El árbol de la vida moderno renuncia a metáforas y símiles para describir el proceso evolutivo y pretende, sin más, representar la historia de la evolución. Aunque hayamos perdido un poco de color, hemos ganado una considerable claridad al transmitir el mensaje del árbol de la vida. El simple propósito —representar los parentescos— es sin duda meritorio, pero el conocimiento de los parentescos contenidos en el árbol resulta mucho más importante. El árbol podría concebirse como el armazón de acero de un rascacielos, donde podemos insertar las paredes, suelos y ventanas del edificio —mármol, cristal, azulejos y gárgolas— para obtener una estructura más compleja. En el caso del árbol de la vida, esta complejidad incluye las características cambiantes de las especies, sus antepasados, nacimientos, muertes, invasiones, extinciones, fechas, contexto geológico, fusiones y adquisiciones.

Los árboles que muestran los parentescos entre las especies cobraron especial relevancia tras la publicación de *El*

* Curiosamente, aunque Darwin se sirvió a menudo de árboles para ilustrar el proceso evolutivo (y los dibujó en sus cuadernos décadas antes de dar a conocer su teoría), *El origen de las especies* contiene un solo diagrama de un árbol, y bastante sencillo: sus hojas son las especies simbólicas «A a Z», ignorando las posibilidades evidentes de antílopes y zorros o de ásteres y zinnias.

origen de las especies en 1859, pero los victorianos ya estaban familiarizados con las representaciones arbóreas del parentesco. Los árboles genealógicos forman parte de culturas de todo el mundo: aparecen en los *stemmata* ('guirnaldas') de la antigua Roma; en la «genealogía» de Confucio del siglo XI (que todavía sigue creciendo después de ochenta generaciones); y en el Árbol de Jesé del Antiguo Testamento. La omnipresencia de los árboles genealógicos en las culturas más diversas nos dice que son un producto inherente a la imaginación humana y que deben de existir desde la más remota prehistoria. Las genealogías se han plasmado con forma arbórea durante milenios. «Y brotará una vara del árbol de Jesé, y retoñará de sus raíces un vástago» (Isaías 11, 1). Este árbol genealógico bíblico parte de Jesé y recorre (según Lucas) cuarenta y tres generaciones (todos varones, por supuesto) hasta Jesús; las ilustraciones cristianas del Árbol de Jesé son árboles en sentido literal. El árbol genealógico de la familia Cancellieri de Pistoia (*Albero Genealogico dei Cancellieri di Pistoia*) grabado en 1581 por el industrioso y bien remunerado Scipione Ammirato muestra un formidable roble con el tronco dividido en dos: las dos ramas representan el violento cisma (en torno a 1300) entre las facciones güelfas blanca y negra de la familia. Es un árbol naturalista que crece en la campiña toscana, con dos ejércitos, desplegados uno a cada lado, que portan sendos estandartes blanco y negro.

Los árboles genealógicos nos resultan familiares y su interpretación es sencilla. Las hojas en las puntas de las ramas representan a los individuos de la generación más reciente: hermanos y hermanas y sus primos. Los hermanos de una familia están conectados entre sí por el progenitor que comparten: una parte de la rama inmediatamente inferior a ellos, una sola generación atrás. Un hijo estará conectado con sus primos (parientes más lejanos, claro está) a través de una generación más antigua situada más abajo en el árbol: el antepasado común más cercano entre primos hermanos no es un padre sino un abuelo. De esta sencilla manera, el grado de

parentesco entre todas las hojas de cada generación (hermanos, primos, primos segundos, padres, tíos y tías, etc.) se puede leer en la distribución de las ramas que las enlazan.

Los diagramas arbóreos han sobrevivido durante milenios porque son ideales para representar el parentesco entre los miembros de una familia, pero también se han adoptado en otros muchos contextos precisamente porque son una manera natural de organizar cualquier conjunto de elementos —rocas, sellos, músicos de *jazz*— que puedan agruparse (o clasificarse) en función de su grado de similitud o parentesco. En el ámbito del mundo natural —las especies—, mucho antes de que a Darwin se le ocurriera que estas podrían estar emparentadas como los miembros de una familia, ya existía el deseo de clasificar y organizar especies.

«La pulsión por clasificar es un instinto humano fundamental; igual que la predisposición al pecado, nos acompaña en nuestro paso por el mundo desde el nacimiento hasta la muerte», escribió en 1959 Tindell Hopwood, exagerando un poco.⁴ Es verdad que todos poseemos una cualidad innata que nos permite hacer generalizaciones útiles sobre las especies que encontramos. A nadie le hace falta esforzarse o tener una formación especializada para saber que, pese a sus evidentes diferencias, las águilas y las palomas son aves, mientras que los tigres y las ovejas son mamíferos, y los robles y morales, plantas. Yendo más allá, es también evidente que los mamíferos y las aves, si aplicamos el sentido común, pueden agruparse como animales, lo que excluye a las plantas. En paralelo a estas intuiciones, nuestro cerebro construye una precisa clasificación «popular» de estas seis especies en grupos de organismos similares. Repárese en que esta clasificación (aves, mamíferos, plantas) podría trasladarse directamente a un árbol: una rama de aves (que se divide en el águila y la paloma) y una rama de mamíferos (tigre y oveja), que se encuentran en un nivel inferior del tronco para formar una rama animal más grande; por último, la rama animal conecta, descendiendo por el tronco, con una rama vegetal que

lleva al roble y al moral. La *clasificación* de la vida que tan sencilla se nos presenta (mamíferos, aves, animales, plantas) existía mucho antes que cualquier *árbol de la vida*, pero la clasificación y el árbol son una misma cosa; lo que ocurre es que transcurrió un tiempo hasta que a alguien se le ocurrió representar la clasificación con forma de árbol.

Al menos dos milenios anterior a los primeros árboles de la vida, la clasificación más antigua de la que se tiene constancia, como mínimo en lo que respecta a los animales, se debe a Aristóteles. Sus grandes obras *Historia de los animales* (conocida por su título en latín, *Historia Animalium*) y *Partes de los animales* (*De Partibus Animalium*), escritas en el siglo IV a. C., reflejan su deliberado y concienzudo propósito de conocer y comprender la vida animal. Con todo, se corre el riesgo de hacer una lectura anacrónica de Aristóteles, de atribuir a su obra algo así como un punto de vista protoevolucionista. Aunque es evidente que no era un evolucionista, el caso es que sus libros sentaron las bases de la clasificación moderna porque reúnen datos imprescindibles con algunas ideas esenciales. Sus datos adquieren la forma de observaciones extraordinariamente detalladas y, por lo general, precisas de las características de un gran número de animales (y no solo los domésticos, los feroces, los extraños o los más carismáticos). Sus interpretaciones proceden del puro interés filosófico por clasificar las cosas. La finalidad de la clasificación aristotélica estribaba en conocer lo que cada animal era mediante la compilación de sus atributos y las cosas que podía hacer, «para llegar a las definiciones de su forma última».⁵

De Aristóteles, procurando no caer en la trampa de leer a Darwin entre líneas, se pueden extraer algunas lecciones provechosas, y quizá la más importante es la posibilidad de clasificar a los animales en grupos que nos resulten prácticos (es decir, que nos permitan hacer generalizaciones) y en los que todos podamos coincidir, de tal manera que sea posible descubrir una verdad. El postulado principal y más audaz de

Aristóteles en *Historia Animalium* es la división de los animales en dos *megista genê* ('grandes grupos'): los de sangre roja (*enhaima*), que se corresponden con los vertebrados; y los que no la tienen (*anhaima*), que se corresponden con los invertebrados. En cada uno de estos grandes grupos reconoce una serie de grupos menores. Dentro de los *enhaima* de sangre roja distingue entre cuadrúpedos vivíparos (que paren) y ovíparos (que ponen huevos), que vendrían a ser, respectivamente, mamíferos y reptiles/anfibios, y también grupos de ballenas, peces y aves. En los *anhaima* sin sangre descubrimos grupos como los *malakia* (cuerpo blanco: moluscos), *malakostraka* (caparazón blando: crustáceos) y *ostrakoderma* (caparazón duro que rodea el cuerpo), que es una abigarrada mezcla de erizos de mar, ascidias, moluscos bivalvos y univalvos, y artrópodos de caparazón duro como los percebes.

Los zoólogos modernos, como es lógico, están encantados de hallar un conjunto de «clases» que hoy se aceptarían como grupos; esta coincidencia entre antiguos y modernos puede parecer normal, pero no tenía por qué darse. En vez de usar las plumas para definir un grupo de aves y la leche para agrupar a los mamíferos, Aristóteles podría haber optado por formar un grupo de animales terrestres (reuniendo palomas, lagartos y humanos) y otro de animales acuáticos (patos, salamandras y peces). Tal como descubriremos, la feliz correspondencia entre los grupos de animales aristotélicos y los modernos no fue fruto de la casualidad, sino consecuencia inevitable del mecanismo evolutivo.

El enfoque sistemático con el que Aristóteles aborda el estudio de la naturaleza fue cayendo en el olvido entre los eruditos occidentales, hasta su redescubrimiento en los siglos XII y XIII. En el medio milenio siguiente, el renovado interés por clasificar la vida se centró en la botánica por una razón práctica: identificar con precisión las plantas era fundamental para su uso en la medicina. El botánico sueco del siglo XVIII Carl (o Carolus o Carlos) Linnaeus (o Linnæus, Linneo, von Linné o Linné) fue el más importante «clasifica-

«dor» preevolutivo de la vida, considerado con justicia el padre de la clasificación moderna. Su primera gran innovación, basada en evidencias, fue una vasta clasificación de las plantas y los animales en grupos cada vez más pequeños y exclusivos. La obra magna de Linneo, *Systema Naturae*, es mucho más que una clasificación, pues también contiene descripciones minuciosas de las características de determinadas especies y de los grupos a los que pertenecen. El resultado fue clave para que los investigadores clasificaran cualquier organismo en su propio y cada vez más exclusivo reino, filo, clase, orden, familia, género y especie, otorgándole así un lugar único en la clasificación (y evitando, de paso, el envenenamiento del paciente tratado con la hierba equivocada). La segunda gran innovación de Linneo fue establecer un sistema formal que asigna a cada especie un nombre bímembre exclusivo —lo que se denomina un «binomen», como *Homo sapiens*—, sin el cual la biología moderna sería un absoluto caos.

El sistema clasificatorio de Linneo, que ha pervivido casi intacto hasta hoy, podría compararse con nuestra dirección postal. Basta con reunir algunas referencias geográficas —el continente; el país; la provincia, condado o región; la ciudad o pueblo; el distrito; la calle, y el número del inmueble— para localizar cualquier casa del mundo. Los equivalentes linneanos de estos niveles de clasificación empiezan por el reino (animal, vegetal, etc.), pasan por los filos (dentro de los animales están los cordados, artrópodos y moluscos, p. ej.) y después por las clases (dentro de los cordados están los mamíferos, reptiles y anfibios) y los órdenes (dentro de los mamíferos hay primates, murciélagos y roedores). Los órdenes contienen familias (los primates contienen lémures, monos y simios), que a su vez contienen géneros (los simios contienen *Homo* y *Gorilla*), cada uno de los cuales se divide en una o más especies (*Homo sapiens* y los extintos *Homo erectus* y *Homo neanderthalensis*). Así pues, nuestra propia clasificación linneana es reino Animalia (aunque hoy se usa «Metazoa»), filo Chordata (lo que vendrían a ser animales con espina dorsal),

clase Mammalia, orden Primates, familia Hominidae, género *Homo* y especie *sapiens*.

Aunque Linneo había concebido un brillante sistema de clasificación (que todavía se usa), el árbol evolutivo de la vida aún quedaba lejos: no habían confluído la clasificación y el diagrama genealógico. Sin embargo, la arborescencia inherente a algunas de las primeras clasificaciones las asemeja en ocasiones a un árbol de verdad; todavía no se había dado el salto intelectual que acabaría representando una clasificación con una imagen similar a un árbol. Las divisiones y subdivisiones suelen representarse en forma de tabla. En la primera columna figuran hileras de unos pocos grupos de gran tamaño (que serían las ramas grandes en la base de un árbol), cada uno de los cuales se subdivide en grupos más pequeños en la siguiente columna (que serían las ramas más pequeñas).

Con el tiempo, y mucho antes de los trazos de Darwin, estas tablas clasificatorias se transforman en diagramas con forma de árbol, pese a las reticencias de algunos. El naturalista suizo Charles Bonnet, en su libro de 1764 *Contemplation de la Nature* [Contemplación de la naturaleza], se preguntaba: «¿Se ramifica la escala de la naturaleza a medida que asciende? ¿Son los insectos y los moluscos dos ramas paralelas y laterales de este gran tronco?». ⁶

En 1766, el gran naturalista francés Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, pensaba lo mismo de los mamíferos, pues era como si formaran «familias en las que de ordinario se observa un principio y un tronco común del que parecen brotar diferentes ramas cada vez más numerosas, porque los individuos de cada especie son más pequeños y prolíficos». ⁷ Por último, en 1801 encontramos el primer diagrama claramente arbóreo que registra la clasificación de las especies. Lo dibujó el naturalista francés Augustin Augier, que dice con respecto a su diagrama:

Una figura con la forma de un árbol genealógico parece la más apropiada para reflejar el orden y la gradación de las

series o ramas que forman clases o familias. Esta figura, a la que llamo «árbol botánico», muestra las concordancias que las diversas series de plantas mantienen unas con otras [...], de igual manera que un árbol genealógico muestra el orden en que distintas ramas de la misma familia proceden del tronco al que deben su origen común.⁸

La teoría darwiniana de la evolución por selección natural puso patas arriba nuestro modo de concebir la clasificación y su representación en forma de árbol, porque implicaba la existencia de una sola clasificación perfecta e históricamente exacta. Sin embargo, *El origen de las especies* aspiraba por encima de todo a explicar el mecanismo en virtud del cual aparecían especies nuevas y diferentes: solo contiene un diagrama de árbol, y bastante tosco, que se limita a mostrar cómo se dividen y extinguen las especies. Aun así, Darwin conocía el potencial taxonómico del árbol de la vida, como puso de manifiesto en una carta dirigida a T. H. Huxley en 1857: «Creo que llegará un momento, aunque yo no viviré para verlo, en que tendremos árboles genealógicos bastante fieles de cada gran reino de la naturaleza».⁹

Aunque Darwin dibujó unos cuantos árboles evolutivos, parece que prefería la idea de plasmar la historia de la evolución como un coral, cuyo pétreo y muerto interior representaría el pasado (y el registro fósil) y cuyas puntas vivas remitirían a las especies vivientes. Por otro lado, Ernst Haeckel, discípulo alemán de Darwin, era un gran admirador del árbol de la vida. Haeckel había nacido en Potsdam, cerca de Berlín, en 1834, hijo de un matrimonio de profesionales: Carl, un funcionario municipal de alto rango, y Charlotte (de soltera Sethe), hija de un consejero privado del reino. La primera esposa de Haeckel, Anne (de soltera también Sethe), era prima suya por parte de madre. Igual que Darwin, Haeckel estudió primero medicina por insistencia de su padre, pero dejó de ejercer tras recibir a sus primeros pacientes.¹⁰ Puede que las investigaciones para su doctorado en medici-

na, que giraba en torno a los cangrejos de río, no lo prepararan adecuadamente para las realidades del cuerpo humano, como en la historia de John Ruskin sobre su noche de bodas.

En un par de famosas fotografías fechadas en 1866, antes de un viaje de recolección a las islas Canarias, Haeckel aparece en compañía de su ayudante, el ruso Nikolái Miklujo-Makláí. Aunque las instantáneas no se tomaron en el campo, sino en la ciudad universitaria alemana de Jena, los dos exploradores llevan atuendos expedicionarios y los rodea la utilería propia de los recolectores profesionales: cazar mariposas, un cubo, otras piezas de equipamiento cuyos usos no alcanzo a imaginar, una estrella de mar seca y un cangrejo en el suelo, y una ofiura en la mano de Haeckel. El posado fotográfico está cuidado, y los dos hombres parecen complacidos con la idea de verse como curtidos exploradores. En la primera instantánea, Haeckel, con su rala barba juvenil, está repantigado en una silla, mientras que Miklujo-Makláí se halla de pie, con una gabardina colgando al desgaire de un hombro, la mano izquierda apoyada en lo que parece ser un puñal, y mira a la cámara con ojos ardientes. En la segunda han intercambiado posiciones y Haeckel, ahora de pie, se ha quitado los zapatos y los calcetines y se ha remangado los pantalones, mientras que Miklujo-Makláí se ha alborotado el pelo. Entre las fotografías de años posteriores hay una en la que aparece un Haeckel ya de mediana edad rodeado de plantas selváticas y vestido como para ir al trópico, salacot incluido, pero que también se tomó en un estudio fotográfico de Jena. Por último, hay otra en la que un Haeckel anciano posa de pie, con una calavera en la mano como Hamlet y un esqueleto de simio asomando por detrás. Admitiendo que las barbas voluminosas fueran habituales en aquella época, en esta fotografía tardía el parecido de la magnífica barba de Haeckel con la de su héroe Darwin es muy llamativo.

Haeckel ha ejercido un influjo colosal en la biología y el estudio de la evolución: acuñó términos como «ecología» y «filogenia» (el estudio de las relaciones evolutivas a lo largo

del tiempo, origen del «árbol filogenético»); escribió un libro divulgativo de gran éxito el que explica su concepto de la evolución; retocó sus cifras de embriones animales para acomodarlas a sus teorías sobre cómo las fases del desarrollo embrionario («ontogenia», otro término de cuño haeckeliano) reflejan la historia evolutiva del animal («la ontogenia recapitula la filogenia»); describió especies jamás vistas que sustentaban convenientemente sus teorías; y pintó famosos cuadros de criaturas de todos los tamaños que pasan por haber influido en el movimiento artístico del *art nouveau*.

Las dotes artísticas de Ernst Haeckel quedan claras en sus árboles evolutivos más famosos, que, a diferencia de casi todos los árboles más modernos, se representan como árboles auténticos, con ramas retorcidas y corteza nudosa. El primero de estos *stammbäume* ('árboles genealógicos' o 'pedigrís') aparece en su tratado de 1866 que lleva como título no muy feliz *Morfología general de los organismos: bosquejo general de la ciencia de las formas orgánicas, fundada mecánicamente en la teoría de la descendencia reformada por Charles Darwin* (comúnmente abreviado como *Generelle Morphologie*).¹¹ Aunque existen árboles evolutivos predarwinianos (evolutivos en el sentido de que admiten que las especies cambian con el paso del tiempo), los de Haeckel se distinguen por ser los primeros que se dibujaron tomando en consideración el mecanismo darwiniano de la evolución y el principio fundamental de que todas las formas de vida pudieron tener un único origen.

El primero de los árboles de la *Generelle Morphologie* abarca la totalidad de la vida tal como se entendía por entonces, insertada en un árbol con tres grandes ramas: las plantas (hongos incluidos), los protistas (en su mayoría pequeños organismos unicelulares como las bacterias, aunque también incluye grandes esponjas pluricelulares) y los animales. Estas tres ramas aparecen unidas cerca de la base del árbol, y el tronco indiviso emerge de una sola raíz universal de organismos: *Radix communis organismorum*. Los árboles de figuras

posteriores representan las relaciones entre las especies en cada una de estas tres grandes ramas —un árbol para las plantas, un árbol para los animales, etc.—, a los que siguen aproximaciones a los detalles de ramas todavía más pequeñas, como un árbol para los mamíferos. Todos los árboles con aspecto de árbol que dibuja Haeckel en *Generelle Morphologie* parecen corresponder a una especie real, el «roble alemán», supuestamente elegido porque el roble es la planta de más alto rango en la *scala naturae* medieval, situado justo por debajo de los animales más simples.

Llegados a este punto, debo resistir la tentación de desglosar los aciertos y errores de Haeckel en cuanto a la precisión de los parentescos que muestra (sobre todo en la rama animal) para centrarme en lo que su árbol puede contarnos acerca de la evolución. En síntesis, hay cuatro rasgos —implícitos o explícitos— que podemos leer en el árbol de Haeckel: primero, el árbol muestra el paso del tiempo, al menos en la medida en que las partes de cualquier rama más próximas a la raíz representan especies que vivieron hace más tiempo que las partes de esa misma rama situadas más cerca de la copa; segundo, todos los troncos, ramas y ramitas representan linajes continuos de especies que existieron en el pasado; tercero, en determinados puntos una rama se divide en dos, esto es, una sola especie ancestral se divide en dos especies descendientes; y, el cuarto y último rasgo, solo las puntas del árbol —o quizá las hojas— representan especies hoy vivas.

A diferencia del relato bíblico de la creación simultánea de todas las especies (que, si se representara del mismo modo, parecería un campo de hierba), el árbol de la vida de Haeckel —una sola planta con una sola raíz— nos dice que una especie que vivió hace mucho tiempo es la antepasada de todas las especies posteriores. A medida que subimos por el árbol, cualquier porción de cualquier rama representaría una instantánea de todos los individuos de una especie viva en ese preciso momento. Un punto situado un poco por en-

cima de la rama remitiría a su descendencia, la generación siguiente.

Con el tiempo, una rama puede dividirse en dos; cada punto de esta ramificación registra el breve período (es improbable que fuera instantáneo) en que toda una población que constituía una sola especie ancestral se dividió en dos. Es importante señalar que una especie debe dividirse en dos poblaciones aisladas (separadas quizá por un río o una cordillera) antes de convertirse en especies diferenciadas. Desde el momento en que las dos poblaciones quedan aisladas, ya pueden evolucionar con independencia la una de la otra y en direcciones distintas (sus genes ya no se mezclan continuamente por medio del sexo). Esta capacidad para cambiar independientemente resulta en dos especies distintas, y a esta creación de dos especies a partir de una sola la llamamos «especiación».

Cuanto más tiempo pasa, más distintas se vuelven probablemente las especies. Para el árbol de Haeckel, esto significa que las especies cuyas ramas se separaron a muy poca altura, y por tanto hace mucho, han tenido tiempo sobrado para desarrollar diferencias muy acentuadas, mientras que las ramas que se dividen cerca de la cúspide del árbol separan especies mucho más similares, como, por ejemplo, chimpancés y humanos.

En una decisión que hoy no se vería con buenos ojos, el árbol de Haeckel trata deliberadamente de manera especial a ciertos grupos. En el ápice de sus tres grandes ramas, el naturalista alemán colocó a los que consideraba los miembros más avanzados de cada una. En la gran rama animal, las ramas más elevadas del árbol son las aves y los mamíferos, no los moluscos ni las lombrices, mientras que las ramas superiores de la gran rama vegetal son las plantas con flor (angiospermas), con las algas, los líquenes y los hongos relegados a un lugar inferior. Para conseguir este resultado, Haeckel se tomó ciertas libertades en la relación entre el paso del tiempo y la longitud de las ramas. Como la raíz representa el úni-

co antepasado común del que proceden todas las especies modernas, y las puntas de las ramas corresponden a las especies que viven hoy, las historias de todas las especies vivas son igual de largas y, por tanto, deberían colocarse a igual distancia de la raíz.

Los árboles de la vida se fueron volviendo menos bellos pero más prácticos que el de Haeckel, y a lo largo del siglo y medio siguiente se han ido estableciendo convenciones sobre cómo dibujarlos con el fin de que su interpretación resulte fiable. Para demostrar lo que un árbol de la vida puede contarnos, la figura 2 es un ejemplo sencillo que considera cuatro animales conocidos: una vaca (mamífero placentario), un ornitorrinco (encantador pero rarísimo mamífero ovíparo o monotrema), una carpa dorada (pez óseo) y una mariposa (insecto).

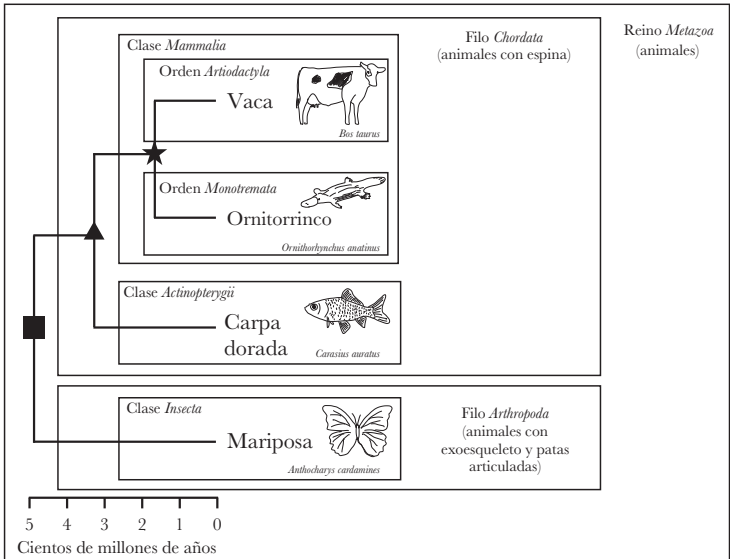


FIGURA 2: Lo que se puede entender de un árbol sencillo que emparenta a cuatro animales.

Por suerte, como los árboles son ideales para mostrar las relaciones evolutivas, es fácil comprender lo más relevante que muestra este árbol: el parentesco entre los cuatro animales representados. En primer lugar, la vaca y el ornitorrinco son los parientes más próximos. La siguiente especie que más se aproxima a la vaca y al ornitorrinco es la carpa dorada, con la que ambos mamíferos mantienen un parentesco igual de cercano. Por último, la mariposa es la más alejada de las otras tres especies y mantiene un parentesco igual de remoto con todas ellas. Podemos comprobarlo midiendo la distancia total horizontal hasta cada especie desde la base del árbol. Todas estas distancias horizontales, que muestran el tiempo transcurrido, son idénticas. (Las longitudes de las partes verticales del árbol, por el contrario, no dicen nada y están dibujadas arbitrariamente para facilitar la comprensión de la figura.) Aunque mi árbol, a diferencia del de Haeckel, se ajusta a la regla de que las longitudes de las ramas deben indicar el paso del tiempo, no he intentado que las distancias relativas entre las distintas ramas se correspondan con la cantidad de tiempo realmente transcurrido. El antepasado de los dos mamíferos no tenía ni la mitad de la edad del antepasado de los mamíferos y peces, como se infiere de las longitudes de las ramas de mi árbol.

También podemos leer el árbol de abajo arriba (aunque en este ejemplo la raíz está situada a la izquierda, luego hay que leer el árbol de izquierda a derecha), partiendo de la raíz indicada por el cuadrado negro, para seguir el curso de los acontecimientos evolutivos que dieron como resultado las cuatro especies hoy vivas. El cuadrado negro representa el antepasado común de los cuatro animales del árbol, que únicamente podemos imaginar, porque no ha dejado huella de su existencia. Su parentesco con las cuatro especies es igual de lejano, lo que significa que, aunque pensáramos que el insecto es el más simple, en realidad no se halla más próximo al antepasado animal que los mamíferos complejos.

En algún punto del tiempo, aquella única especie desconocida que fue el antepasado animal común se dividió en

dos especies nuevas que, en cuanto fueron independientes la una de la otra, empezaron a divergir, a evolucionar, hasta diferenciarse cada vez más. De la evolución de una de estas especies antiguas surgieron todos los artrópodos, como la mariposa mostrada aquí, pero también los escorpiones, las abejas, los cangrejos y las arañas; y de la evolución de la otra, todos los vertebrados: la carpa dorada, la vaca y el ornitorrinco (dinosaurio, salamandra, gallina...). Ascendiendo (en este ejemplo, moviéndonos de izquierda a derecha) por el lado de los vertebrados de nuestro árbol, el triángulo negro muestra al antepasado común de todos los vertebrados. Un antepasado bastante curioso porque, aunque sin duda vivía en el mar y se parecía mucho más a una carpa dorada que a una vaca —un animal terrestre— o a un ornitorrinco, nuestro árbol nos dice que su parentesco es igual de lejano con las carpas doradas vivas que con la vaca o el ornitorrinco vivos. Por último, vemos el antepasado común de los dos mamíferos, representado con una estrella negra; este animal era un mamífero (por tanto, con pelo y glándulas mamarias), pero, igual que el ornitorrinco y a diferencia de casi todos los otros mamíferos, ponía huevos.

La escala temporal de mi árbol es completamente imaginaria, empezando por el antepasado de todos estos animales, que (según el árbol) existió hace 500 millones de años, y terminando con los animales hoy vivos, es decir, hace cero años. Con esta escala temporal podemos convencernos de que los mamíferos no quedan más lejos del antepasado animal común que la mariposa, y de que la cercanía de parentesco de la mariposa es la misma con la carpa dorada, con la vaca y con el ornitorrinco. Si la escala temporal fuera exacta, nos permitiría determinar la distancia evolutiva entre dos especies vivas cualesquiera midiendo la longitud total de las ramas horizontales que las separan. Esta escala nos permite asimismo calcular cuándo vivieron los antepasados comunes. Según mi árbol, el antepasado común más reciente de la vaca y el ornitorrinco —el antepasado mamífero común—

vivió hace unos 200 millones de años.** También vemos que, por muy antiguo que sea el antepasado vertebrado común (el triángulo), por fuerza debe ser más antiguo que el antepasado mamífero común (la estrella); y que el antepasado común de los cuatro animales será más antiguo que cualquiera de las especies (vivas o extintas) que de él descendieron.

Por último, para leer un árbol hay que entender que el orden de las especies de arriba abajo, en la medida en que puede variar sin alterar el parentesco, es arbitrario. En la figura 3 muestro el mismo árbol que emparenta a la vaca, el ornitorrinco, la carpa dorada y la mariposa, pero con un dibujo diferente. Los tres árboles transmiten exactamente la misma información, que reside en el patrón de ramificación y en las longitudes horizontales de las ramas.

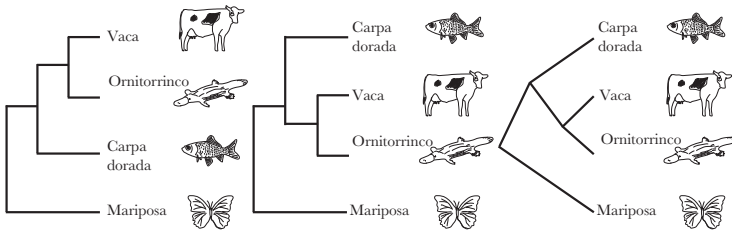


FIGURA 3: Tres árboles que presentan distintos dibujos pero cuentan la misma historia.

Hemos visto que clasificaciones de la vida más antiguas, como la de Linneo, aunque sean inevitable e intrínsecamente evolutivas (clasifican el resultado de la evolución), datan de una época en la que era inimaginable el concepto de un origen único de la vida. La clasificación de Linneo pretendía ser útil, pero Linneo ni por asomo sospechaba que estuviera haciendo un compendio de la historia de la vida. Haeckel era

** Después de escribir estas líneas, me pareció que debía revisar la edad real del antepasado mamífero común, y me satisface decirles que mi árbol imaginario ha dado en la diana: según cálculos recientes, los primeros mamíferos vivieron hace entre 251 y 165 millones de años.

un hombre brillante y, por lo que parece, firmemente convencido de sus capacidades. Como escritor no se andaba con medias tintas al evaluar el trabajo ajeno. En un pasaje que merece la pena citar al completo, descubrimos su nula estima por clasificadores anteriores de la vida como Linneo, cuyos empeños casi despreciaba considerándolos una labor de filatelistas.

La mayoría de los naturalistas que hasta ahora se han ocupado de clasificar los diversos sistemas de animales y plantas han agrupado, designado y ordenado las distintas especies de estos conjuntos naturales con el mismo interés con el que anticuarios y etnógrafos reúnen las armas y utensilios de diferentes pueblos. Muchos no han superado el nivel de conocimientos con el que la gente suele coleccionar, etiquetar y ordenar blasones, sellos y curiosidades similares. [...] Este tratamiento infantil de la zoología y la botánica sistemáticas queda completamente aniquilado [*gründlich vernichtet*] por [...] la teoría de la descendencia [de Darwin]. En lugar de la superficialidad [...], ahora nos mueve el interés muy superior de la comprensión inteligente que detecta en las formas afines de los organismos su verdadero parentesco sanguíneo.¹²

Con el debido respeto por las extraordinarias aportaciones de Linneo y sus discípulos, a Haeckel no le falta razón. En *El origen de las especies*, Darwin escribió que toda «verdadera clasificación es genealógica; esa descendencia común es el vínculo oculto que los naturalistas han estado buscando inconscientemente, y no algún ignoto plan de creación, ni [...] el mero agrupamiento y separación de objetos más o menos iguales». ¹³ La teoría de la evolución transforma el sistema clasificatorio de Linneo en una herramienta valiosísima para comprender miles de millones de años de evolución. La evolución proporciona una sola explicación, sencilla pero brillante, del orden existente en el sistema de Linneo. Además, como el orden proviene de una historia evolutiva única

y verdadera, al configurar esa clasificación hay un solo ideal perfecto que buscar (a diferencia de lo que ocurre con los libros de una biblioteca o con los sellos), una verdad que descubrir. Y, como veremos en el capítulo siguiente, el mecanismo de la evolución facilita las pistas que necesitamos para que resulte factible descubrir esa verdad.