

# ¿Cómo clasificar la vida?

Miguel Nadal Palazón

Nos hemos acostumbrado a que los organismos pueden representarse en un árbol con multitud de ramitas. Pero esta idea ha cambiado, ahora se habla de anillos y redes de la vida.

Ilustración: José Quintero



**Dice la novela** *Viaje al Oeste* que Sun Wu-Kong, el prestigioso Rey Mono, a quien tal vez conozcas por su nombre japonés Son Goku (pues en él está inspirado el personaje de la serie de caricaturas *Dragon Ball*), devoró los melocotones inmortales, que otorgan la vida eterna, causando así enredos y disturbios en el Palacio Celestial.

Por ello, el Rey Mono fue condenado a permanecer prisionero por más de 500 años, hasta que fue liberado por el patriarca budista Tripitaka, a quien acompañó en incontables aventuras que se narran en

*Viaje al Oeste*, una de las joyas de la mitología china y la literatura universal.

El Rey Mono no ha sido el único famoso que ha probado las delicias de un árbol mágico y ha recibido castigo por ello: en el relato del *Génesis*, Adán y Eva también comieron del árbol del bien y del mal. Y ya se sabe el resto.

## El árbol de Darwin

En la biología también tenemos un árbol de la vida emblemático: el que nos legó Charles Darwin (1809-1882), cuyo bicentenario estamos celebrando este año.

Darwin dibujó su primer árbol de la vida en 1837, en uno de sus cuadernos de notas (conocido como *Cuaderno B*). Pero la idea se le había ocurrido previamente; unas páginas antes escribió al vuelo: “Los seres organizados representan un árbol *irregularmente ramificado*, algunas ramas mucho más ramificadas, de ahí los Géneros. Tantos brotes terminales mueren como los que se generan”.

La idea del árbol de la vida, tan querida por Darwin, fue publicada en 1859 en su libro más famoso, *El origen de las especies por medio de la selección natural*.



El cuaderno de notas donde Darwin dibujó su primer árbol de la vida.

Clasificar a los “seres organizados” en una estructura con forma de árbol no era ninguna novedad en 1837. En el siglo anterior el padre de la taxonomía moderna, Carl von Linné, también había hecho una clasificación en un sistema ramificado que, dibujado, parece un árbol.

La idea de Linné era simple y fácil de aplicar, por lo que tuvo gran éxito: los seres naturales se podían clasificar por tipo, por ejemplo en seres vivos y minerales (no vivos); cada tipo se podía dividir en sub-tipos, por ejemplo, los seres vivos en plantas y animales. Los animales, a su vez, se podían subdividir en vertebrados e invertebrados; los vertebrados, en aquéllos con pelo y sin pelo. Y así sucesivamente, separando en ramas y ramitas desde las características más generales hasta las más particulares o específicas. En un árbol así las especies son las ramitas más delgadas; las especies de un mismo tipo quedan agrupadas lógicamente en un mismo género. Se trata de grupos amplios que contienen grupos más específicos.

Tanto la idea de Linné como la de Darwin se pueden representar como árboles en parte porque se basan en un mismo supuesto: que las especies (ramitas) no se mezclan entre sí. Son tipos, diría Linné, o linajes, según Darwin, que se mantendrán aislados, sin mezclarse con los demás.

Para funcionar, ambos modelos requieren que las ra-

mitas se mantengan aisladas, que no se mezclen. Y aquí es donde torció el rabo el Cerdo Ba-Chie, otro de los compañeros del Rey Mono en su *Viaje al Oeste*.

### Mezcla de linajes

Desde hace mucho, incluso en tiempos de Darwin, la idea del árbol de la vida se ha puesto en duda. Pero fue en años recientes cuando se ha cuestionado más. El motivo es en apariencia simple: si hay mezclas entre linajes, la estructura en forma de árbol no será una imagen precisa. Y, en efecto, existen mezclas así.

En los cultivos sucede que el polen de una variedad puede ser transportado de un campo a otro donde hay una variedad distinta de la misma especie. Las plantas fertilizadas por este polen serán diferentes: el cultivo se habrá “contaminado” con otros genes, debido a esta fecundación por polen de flores diferentes, lo que se conoce como polinización cruzada. En los cultivos cítricos (frutas como el limón o la naranja), la polinización cruzada ha llegado a ser un problema, que ha requerido tomar medidas (como se hizo en España, donde está prohibido criar animales polinizadores, como las abejas, en las zonas de cultivos de cítricos); también es un problema al cultivar variedades de frutas sin semilla (como las uvas), pues la polinización cruzada puede ocasionar la aparición de frutas con semilla.

En estos casos, se trata de variedades de la misma especie, es decir, dentro del mismo linaje, de acuerdo con la concepción de Darwin y sus seguidores, por lo que muchos científicos consideran que no afecta al concepto del árbol de la vida. Pero hay otras cruza entre linajes (o especies) diferentes.

Desde hace siglos conocemos la manera de producir híbridos: individuos producto de la cruce de dos especies diferentes. Utilizamos un tipo de menta que es, en realidad, un híbrido de menta (*Mentha aquatica*) y yerbabuena (*Mentha spicata*). Otro ejemplo son las mulas, que son híbridos obtenidos con la cruce de burros y caballos.

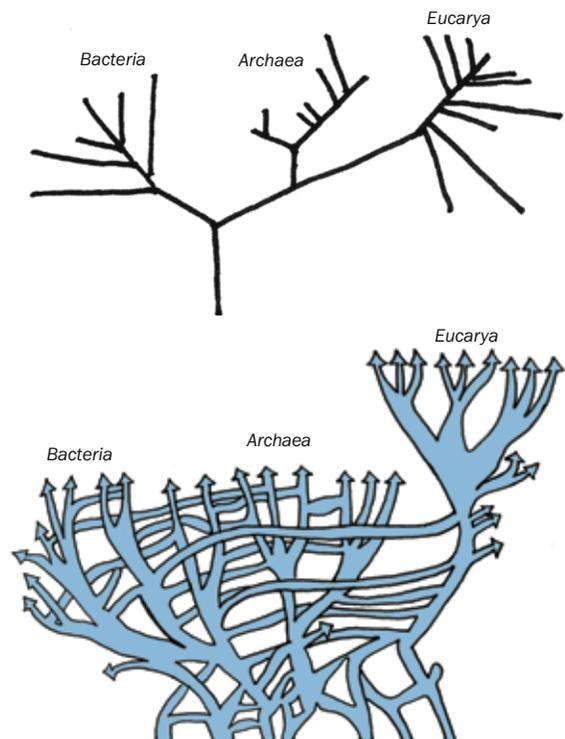
Las variedades de palomas y las razas de perros se producen por hibridación y por selección. Darwin mismo estudiaba estos híbridos y los incluyó en *El origen de las especies*, aunque no hizo ninguna referencia a cómo los híbridos podrían representar un problema para el concepto del árbol de la vida.

Por si la polinización cruzada y los híbridos no fueran suficientes para dudar de la imagen del árbol de la vida, se ha descubierto otro mecanismo de mezcla de material genético: la transferencia horizontal de genes.

En la versión darwiniana y linneana de la vida, las cosas están claras: las características (y la información para desarrollar estas características) se transmiten de padres a hijos: del tronco a las ramas.

Pero hay ocasiones en que, igual que en los embrollos familiares de las telenovelas, se hereda a alguien diferente a los descendientes: la herencia en algunos casos no resulta vertical, es decir, que no va directamente de progenitores a descendientes. A estas herencias fuera del linaje se les conoce como transferencia horizontal de genes.

Esto ocurre, por ejemplo, con las bacterias que desarrollan resistencia a los



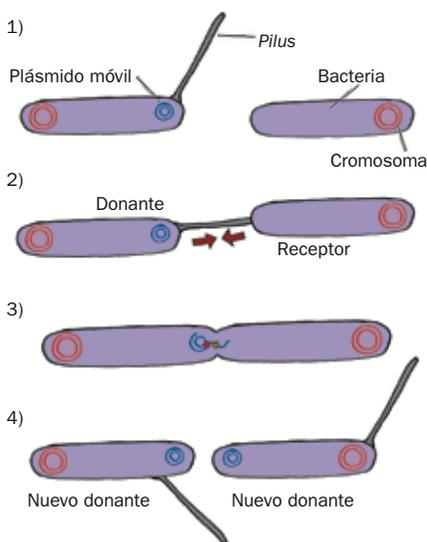
Árbol filogenético de los tres dominios de seres vivos que indica las abundantes transferencias horizontales de genes.



antibióticos. Cuando se utiliza mucho un antibiótico, con el tiempo aparecen bacterias que pueden resistirlo, y los genes que permiten esta resistencia se transmiten fuera del mismo linaje, de una especie a otra.

Las bacterias tienen la sorprendente capacidad de juntarse y compartir porciones de material genético (al que se llama *plásmidos*). Supongamos que una bacteria tiene un plásmido con un gen resistente a cierto antibiótico; al acoplarse con otra bacteria, ésta hará una copia del plásmido, de forma que el mentado gen quedará a su disposición. Los científicos han llamado *conjugación* a este proceso.

Con el paso de las décadas, la evidencia a favor de la herencia horizontal de genes se ha ido acumulando. A estas alturas ya no quedan muchas dudas: esta transferencia ha desempeñado un papel central en la evolución de los procariontes, que son la mayoría de los seres vivos. Los procariontes son organismos formados por una sola célula, sin núcleo, como la inmensa mayoría de las bacterias y como los que seguramente habrán sido los primeros seres vivos en nuestro planeta, por



**Conjugación bacteriana.** 1) La célula donante, que contiene un minicromosoma llamado plásmido, genera un *pilus*, que le permite conectar su citoplasma con el de otra bacteria. 2) El *pilus* se une a la célula receptora y ambas células se aproximan. 3) Se genera una copia del plásmido y se transfiere a la célula receptora a través del *pilus*. 4) Ambas células tienen ahora una copia del plásmido, que contiene los genes para fabricar el *pilus*, y pueden ahora ser donantes.



Un árbol de la vida, sin raíz y visto "desde arriba".

lo que constituirían el tronco del árbol de la vida.

También hay evidencia de transferencia horizontal de genes en los organismos eucariontes, es decir, seres vivos cuyas células tienen núcleo, como ocurre con nosotros y las plantas. Es el caso de la ameba *Entamoeba histolytica*: microorganismo que parasita nuestro intestino, por lo que vive en un ambiente pobre en oxígeno. En estas amebas se ha encontrado la transferencia horizontal de muchos genes (probablemente de origen procarionte), entre ellos algunos vitales, como los que contienen la información para producir las enzimas necesarias para la vida anaerobia (es decir, sin depender del oxígeno), lo que resulta esencial para su vida parásita en nuestro intestino. A diferencia de la resistencia a los antibióticos de las bacterias, estos genes no han pasado a las amebas por un intercambio directo, sino a través de virus que los acarrean.

### Simbiogénesis y la red de la vida

Ías allá de la transferencia de genes aislados, algunos estudios han investigado la transferencia horizontal en los genomas: el conjunto de todos los genes de un linaje. Los estudios a escala de los genomas nos permiten reconstruir la historia de la vida en la Tierra; no sólo el camino seguido por un gen, sino por los linajes completos.

Dichas investigaciones han llevado a descubrir, por ejemplo, que el genoma de los eucariontes está constituido

en gran medida por transferencias horizontales de los dos tipos principales de procariontes.

Como se suele representar actualmente, el árbol de la vida está formado por tres grandes ramas: una corresponde a los eucariontes y dos a los procariontes. Estas tres ramas son llamadas dominios. *Eucaria* es el dominio de los eucariontes, al que pertenecemos, por ejemplo, los humanos, las amibas y

las rosas. Por su parte, *Bacteria* es uno de los dominios procariontes, lo mismo que *Archaea*. Los organismos de este último dominio tienen células cuya estructura se parece a la de las bacterias, pero que realizan algunas funciones como los eucariontes (y no como las células del dominio *Bacteria*).

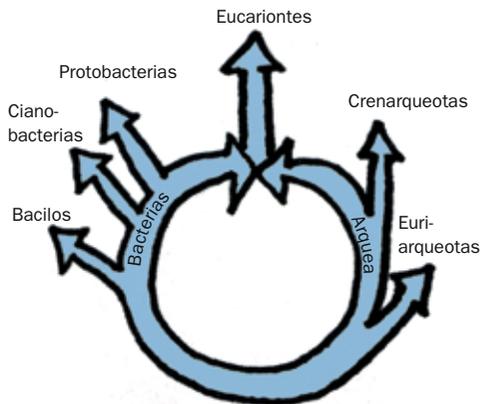
Imaginemos el árbol de la vida visto desde arriba: veremos los tres dominios unidos apenas en un punto (el tronco del árbol), creciendo en direcciones diferentes. Si conectamos las tres ramas por medio de las transferencias horizontales de genes, veremos que los dominios quedan unidos por un anillo.

La imagen del anillo de la vida tiene una ventaja importante: nos permite vi-

### LA CLASIFICACIÓN LINNEANA

Desde que Carl Linné publicó por primera vez su sistema de clasificación en 1735, en el libro *Systema naturae*, éste ha sufrido algunos cambios menores: se han añadido algunas categorías (taxones), como la Familia. Pero la idea general sigue siendo la misma: grupos mayores (ramas grandes) que se subdividen en grupos menores (ramitas). De mayor a menor, estos grupos son:

- Reino
- Phylum o División
- Clase
- Orden
- Familia
- Género
- Especie



Un árbol de la vida visto desde arriba; más que un árbol parece un anillo.

sualizar, de manera simple, las relaciones entre los tres dominios, debidas a las transferencias horizontales de genes. Pero no nos permite observar con facilidad las relaciones entre linajes individuales y tampoco saber cuándo se dieron estas relaciones, lo que es muy importante si queremos entender la historia de alguno de los dominios, por ejemplo *Eucaria*.

De acuerdo con una teoría extensamente aceptada, los eucariontes se originaron a partir de procariontes que vivían juntos, beneficiándose mutuamente, es decir, en simbiosis. En nuestros intestinos, por ejemplo, habitan multitud de bacterias, que se nutren con nuestros alimentos, pero que nos ayudan en la digestión de algunas sustancias, así como a controlar las poblaciones de otras bacterias que podrían causarnos enfermedades. Esas bacterias benéficas y nosotros somos simbioses (ver *¿Cómo ves?* No. 122).

Los mamíferos herbívoros también cuentan con bacterias simbioses en sus intestinos y algunos insectos, como los áfidos (los pul-

gonos que plagan a algunas plantas en los parques y jardines), las tienen en su sistema digestivo.

Según la teoría del origen simbiótico de los eucariontes, algunas estructuras celulares, como los cloroplastos que llevan a cabo la fotosíntesis en las plantas, en algún tiempo fueron simbioses. Lo mismo sucedería con las mitocondrias, las estructuras (u organelos) que llevan a cabo la respiración en nuestras células. Así, los eucariontes tenemos nuestro origen en la fusión de diversos linajes procariontes.

Si representamos linajes que se mezclan en vez de separarse, como en el origen de los eucariontes por simbiogénesis (es decir, debido a la fusión de simbioses de distintas especies), en lugar de un árbol de la vida, la estructura que observamos es semejante a una red.

### Otras metáforas

No es poco frecuente en esta época hablar de redes: son la metáfora de moda. Redes de computadoras, como internet; redes de seres vivos que forman los ecosistemas; redes de ecosistemas que constituyen la biosfera; redes de células, como las redes neuronales del sistema nervioso... Y, por supuesto, las tan de moda redes sociales, como *Hi5* o *Facebook*.

La imagen de la red de la vida ha sido bastante bien recibida, entre otras cosas porque ha permitido construir modelos matemáticos y computacionales para estudiar la historia de la vida y las relaciones entre linajes. Sin embargo, no ha sido del todo aceptada por la comunidad científica.

Uno de los obstáculos que tiene que enfrentar la red de la vida es la confrontación con la clasificación tradicional, basada en idea de que los linajes no se mezclan: desde



José Quintero

### MÁS INFORMACIÓN

- Margulis, L., y D. Sagan. *Captando genomas. Una teoría sobre el origen de las especies*. Ed. Kairós, Barcelona, 2003.
- Gould, S. J. "¿La suerte de Linné?", en *Acabo de llegar. El final de un principio en historia natural*. Ed. Crítica (Col. Drakontos Bolsillo, núm. 13), Barcelona, 2007.
- "El anillo de la vida" (traducido por Heber Rizzo), publicado por la NASA en <http://ciencia.astroseti.org/nasa/articulo.php?num=1507&nobar=1>

Linné se ha clasificado a los seres vivos considerando a las especies como ramas separadas, pero en el caso de la red, con su cruza de linajes, esta concepción de especie se encuentra en problemas.

Otro contratiempo que ha encontrado la metáfora de la red es que no se ha demostrado la cruza entre linajes en todas las especies recientes: los extremos de la red parecerían estar deshilachados. Quizá sea hora de cambiar de metáfora. Posiblemente se trate de una red, en cuyas orillas aún no se han anudado todas las hebras, como los rebozos de Aranza, Michoacán. Me gusta la metáfora del rebozo de la vida, aunque dudo que tenga éxito.

Al parecer, a diferencia de Sun Wu-Kong, Darwin no fue castigado por subirse al árbol de la vida y comer de sus frutos, aunque su metáfora del árbol pueda no reflejar la historia de los seres vivos en la Tierra. Por ahora hay que preguntarse, como hizo Darwin en su *Cuaderno B*: "El Cielo sabe si esto corresponde a la Naturaleza. Cuidado." Curiosamente, Darwin escribió la palabra "Cuidado" en español. 🐼

#### Para nuestros suscriptores

La presente edición va acompañada por una guía didáctica, en forma de separata, para abordar en el salón de clases el tema de este artículo.

Miguel Nadal Palazón estudió biología y psicología en la UNAM. Es profesor de biología en el Centro Escolar Hermanos Revueltas, donde también es Coordinador de Ciencias Naturales. Ha publicado diversos textos didácticos de ciencias en la editorial Oxford University Press. Asiste al "Taller de redacción de textos de divulgación científica" impartido por Martín Bonfil.