

## Novedades, flores y MacGyver

La evolución no se parece a un mecanismo de relojería, con todas sus piezas acabadas y funcionales desde el principio, sino que adapta y recicla el material ya existente para otorgarle nuevos cometidos en una gloriosa y permanente chapuza.



Terminada la vida de la flor, los sépalos de la hierba ballestera (*Helleborus foetidus*) crecen mucho y cambian su disposición hasta adoptar una forma parabólica que contribuye a la fotosíntesis y al desarrollo de las semillas.

La estructura y el funcionamiento de un ojo, un pulmón o las alas de un colibrí es algo tan sorprendente y maravilloso que no debe extrañar que personas proclives al pensamiento mágico recurran a los milagros para explicarlo y lo interpreten como una expresión de la benevolencia de un ser superior que proclama por doquier su pericia en el diseño exquisito. Pero no solamente los devotos de los milagros y los seres invisibles tienen dificultades para interpretar ciertas características muy improbables de los seres vivos, resultado de la evolución por selección natural. El mismo Darwin tuvo dudas y también hubo de responder a las objeciones de quienes pensaron que su teoría quedaba invalidada por la ausencia de estadios intermedios en la evolución de ciertos caracteres. Si el cambio evolutivo realmente funciona mediante la acumulación progresiva de pequeñas modificaciones graduales, como sostenía Darwin, entonces el mundo debería estar lleno de estadios de transición, pero no abundan ni en el registro fósil ni entre las criaturas vivientes que nos rodean.

Esto es sobre todo notorio en el caso de estructuras irreductiblemente complejas que no pueden funcionar a medias, es decir, que o funcionan del todo o no funcionan. ¿Dónde están esos estadios intermedios de ojos o alas que deberíamos esperar según la concepción de cambio gradual propuesta por Darwin? Encontramos animales con alas perfectamente funcionales o sin ellas, con ojos o sin ojos, pero no los hay con inútiles muñones precursores de alas e incapaces para la propulsión, o con ojos incompletos que todavía no sirven para ver. Los organismos que tuvieran estas estructuras transicionales no podrían sobrevivir, por lo que cuesta imaginar el itinerario que ha transitado la evolución hasta llegar a producir un ojo o un pulmón completos sin pasar por inservibles estadios intermedios.

### RECICLADO E INNOVACIÓN

A la crítica anterior respondió Darwin en las últimas ediciones de *El Origen de las Especies* y los evolucionistas actuales aún siguen aportando datos que la refutan. Una de las respuestas más sólidas y convincentes para explicar la ausencia de estadios intermedios en la evolución de novedades complejas es que no se inician de la nada, sino mediante un leve cambio en la función de una estructura que ya existía previamente para cumplir otros fines. Aquí entra en juego el concepto de “exaptación”, ya citado por Alejandro Martínez-Abraín en el número 290 de *Quercus*, correspondiente al pasado mes de abril. Este concepto, acuñado por Stephen Jay Gould y Elisabeth Vrba en 1982, se aplica a un carácter o estructura que, sin haber evolucionado inicialmente en relación con la función que desempeña ahora, fue “reciclado” exitosamente para cumplir el nuevo cometido con el que está vinculado hoy. Existen innumerables ejemplos de exaptaciones que abarcan desde el ámbito fisiológico y molecular hasta el morfológico y funcional. Los pulmones de los animales terrestres son herederos modificados de las vejigas natatorias de los peces, las plumas de las aves son escamas reptilianas transformadas para cumplir su nueva misión de aislante térmico y ayuda al vuelo, y las proteínas del cristalino del ojo que enfocan la imagen en la retina son una versión químicamente reformada de las omnipresentes proteínas de *shock* térmico (“heat shock proteins”, o HSP en sus siglas en inglés).

También existen ejemplos destacados de exaptaciones en el mundo vegetal. El ovario, ese trascendental invento evolutivo para proteger a los óvulos y que da nombre a todo el gran grupo de las plantas superiores o angiospermas (del griego *angeion* = recipiente, y *spermos* = semilla), no es más que un receptáculo construido con un grupito de hojas cuya función anterior era la fotosíntesis. En las flo-



res polinizadas por animales, el vistoso color de los pétalos y las grafificaciones ofrecidas a los polinizadores provienen de sustancias químicas derivadas de otras que defendían a la planta frente a los herbívoros, como resinas o antocianinas. Y, por no cansar, sólo un ejemplo más: ¿cuántas de las estructuras especializadas en promover la dispersión de las semillas por el viento o los animales no proceden de la transformación de pinchos, ganchos, pelos, brácteas o escamas que antes habían estado funcionando para defender a óvulos y semillas de herbívoros de todas clases?

## EL RECICLADO AQUÍ Y AHORA

Las modernas técnicas de reconstrucción de la historia evolutiva de los organismos basadas en las variaciones del ADN han permitido bucear en el pasado y rastrear cómo se ha ido produciendo el “reciclado evolutivo” –“transferencia de función”, si hablamos con propiedad, o “metamorfosis de función”, como lo denominó Darwin—. Este reciclado (transferencia o metamorfosis) se aprecia en distintos órganos y estructuras a lo largo del árbol de la vida, confirmando en lo esencial la hipótesis que explica la escasez de estadios intermedios en las estructuras complejas. Unas demostraciones históricas que sirven para rastrear retrospectivamente aquellos experimentos de reciclado exitosos que dieron paso a innovaciones perdurables, pero que no pueden informarnos sobre la frecuencia con que se inician los experimentos evolutivos de reciclado. En otras palabras, los únicos mimbres con que cuentan los análisis retrospectivos para trenzar el canasto de su interpretación son los que quedaron tras superar la prueba del tiempo y que la selección natural convierte, por definición, en una muestra sesgada. Es verosímil suponer que a lo largo de la historia evolutiva, infinidad de experimentos de reciclado no pasaron de sus fases iniciales y no dejaron rastros en el árbol de la vida. La hipótesis anterior se ve refrendada por la frecuencia con la que encontramos ejemplos de reciclado incipiente en la naturaleza.

## ESTRUCTURAS FLORALES DESPUÉS DE LA FLOR

El primer paso en el reciclado de una estructura es adquirir un nuevo cometido que coexista con su función primaria. Con el tiempo, si el invento es realmente bueno y tiene mucho éxito, la función secundaria se convertirá en primaria y proporcionará un nuevo ejemplo de transferencia de función. Pero en los estadios incipientes del proceso lo único que podremos percibir es que la misma estructura desempeña dos funciones diferentes: una primaria, en relación con la cual evolucionó, y una secundaria novedosa. Veamos dos ejemplos muy simples de adquisición de funciones secundarias por estructuras cuyo primer cometido es inequívoco: el cáliz y la corola de las flores.

En muchas plantas, sépalos y pétalos adquieren nuevas funciones después de que la flor haya cumplido su papel primario. En la hierba ballestera (*Helleborus foetidus*), los sépalos crecen mucho cuando finaliza la vida de la flor, convirtiéndose en una estructura parabólica asociada a los folículos que contienen las semillas en desarrollo, como vemos en la primera fotografía. Esa transición ilustra cómo adquieren una función secundaria: después de cumplir con su labor floral, los sépalos forman una especie de panel solar cuya fotosíntesis contribuye al desarrollo de las semillas que hay dentro de los folículos. Comprobar esta hipótesis es muy fácil, sólo hay que reducir la superficie del panel solar recortándolo con una tijera y al cabo de unas semanas comparar la calidad de las semillas producidas. Al reducir la superficie de la parábola fotosintética, las semillas producidas son menores, lo que demuestra que los sépalos de la hierba ballestera adquieren después de la floración la importante función de contribuir al sustento de las semillas en desarrollo.



Inflorescencia de espliego (*Lavandula latifolia*) con varias flores abiertas en su extremo superior y dos frutos en desarrollo en la parte central que conservan adherida la corola seca a modo de protección contra insectos parásitos.

En el espliego (*Lavandula latifolia*) los pétalos no caen al terminar la vida de la flor, sino que tras secarse permanecen adheridos fuertemente al fruto en desarrollo, como queda ilustrado en la segunda fotografía. Con el aspecto seco y chuchurrido que tienen, cuesta trabajo imaginar que sirvan de algo a la planta, pero las apariencias engañan. Esas corolas secas están dificultando que unas moscas cuyas larvas destruyen las semillas en desarrollo pongan sus huevos en el interior del fruto. Los frutos con corolas secas apenas son atacados por las larvas de la mosca (<5%), mientras que los frutos a los que se ha despojado experimentalmente de ellas son muy atacados (>30%). Después de haber cumplido su misión atrayendo a los polinizadores con su brillante colorido, las corolas secas del espliego adquieren así una función secundaria, convirtiéndose en baratos artilugios defensivos que protegen a las semillas.

## EL PRESENTE ES EL PASADO DEL FUTURO

El presente que estudiamos ahora los ecólogos se convertirá, tras algunos millones de años, en el pasado que intentarán descifrar futuros análisis históricos. Suponiendo que entonces quede alguien para hacerlos, que es mucho suponer. Sólo así se podrá saber si la parábola fotosintética o la corola tapón llegaron finalmente a convertirse en exitosas novedades evolutivas cuyas funciones secundarias iniciales desplazaron a las primarias. Al margen de su éxito futuro, lo más interesante de estos dos ejemplos es que sugieren que estamos rodeados de estadios intermedios e incompletos de transferencias de función, de pequeñas chapuzas evolutivas que no vemos porque son todavía demasiado incipientes. Los estadios transicionales son seguramente abundantes, pero tal vez los hemos estado buscando de forma equivocada. Como muestran los sépalos de la hierba ballestera o la corola del espliego, puede producirse una suave transición de función sin modificarse de manera tangible la estructura que la desempeña.

La mayoría de estas chapuzas no tendrán éxito y no quedará rastro de ellas. Pero otras pueden ser el punto de partida de las grandes novedades del mañana, las que serán reivindicadas como milagros si quedan humanos proclives a la magia. Tal vez atribuyan los milagros a Angus MacGyver, una figura legendaria con poderes excepcionales para crear soluciones ingeniosas a problemas muy difíciles usando objetos insignificantes. Semejante exaltación del reciclado y la chapuza estaría desde luego en consonancia con el funcionamiento de la evolución. ♣

### Dedicatoria

A Alejandro Martínez-Abraín, con quien comparto las páginas 6 y 7 de *Quercus* y la obsesión por comprender la evolución.