

# Fronteras entre lo grande y lo pequeño

El funcionamiento de la mayoría de los ecosistemas terrestres se colapsaría si macro y microorganismos se divorciaran de repente. Conocemos el significado ecológico de muchas asociaciones entre organismos de tallas dispares, pero cada vez se descubren más fronteras entre lo grande y lo pequeño cuyo funcionamiento no conocemos y que ofrecen sugestivos terrenos para la indagación.

Las magnitudes que se manejan en astronomía son descomunales. El diámetro de la mayor estrella conocida hasta la fecha, la hipergigante roja Canis Majoris, es de unos 3.100 millones de kilómetros, equivalente a 19 veces la distancia entre el Sol y la Tierra. Si esa estrella sustituyese al Sol, su superficie llegaría hasta la órbita de Saturno. También las cifras que describen diferencias entre objetos siderales son colosales. Harían falta 7.000 billones de planetas Tierra para rellenar por completo el inimaginable volumen de Canis Majoris. Expresándolo más rigurosamente, el volumen de esa estrella es  $7 \times 10^{15}$  veces mayor que el de nuestro hogar en el cosmos. Parece difícil encontrar diferencias de tamaño tan extremas fuera del ámbito de galaxias y estrellas. Pero, sorprendentemente, las formas de vida que pueblan la biosfera de nuestro planeta ofrecen disparidades de talla comparables, e incluso superiores, a las del gran cosmos circundante.

La ballena azul (*Balaenoptera musculus*) llega a pesar  $1'8 \times 10^8$  gramos y el elefante africano (*Loxodonta africana*)  $6 \times 10^6$  gramos. Hacia el extremo opuesto, la bacteria *Escherichia coli* pesa alrededor de  $2 \times 10^{-13}$  gramos. El peso de una ballena azul o de un elefante es, por tanto,  $10^{20}$  veces mayor que el de una célula bacteriana, una disparidad de tallas ante la que palidece el contraste entre Canis Majoris y la Tierra. Pero, más allá de estas espectaculares cifras, merece la pena pararse a considerar el importante significado ecológico de las interacciones entre enanos y gigantes que se dan en la biosfera.

## NOVIASZGOS DESIGUALES

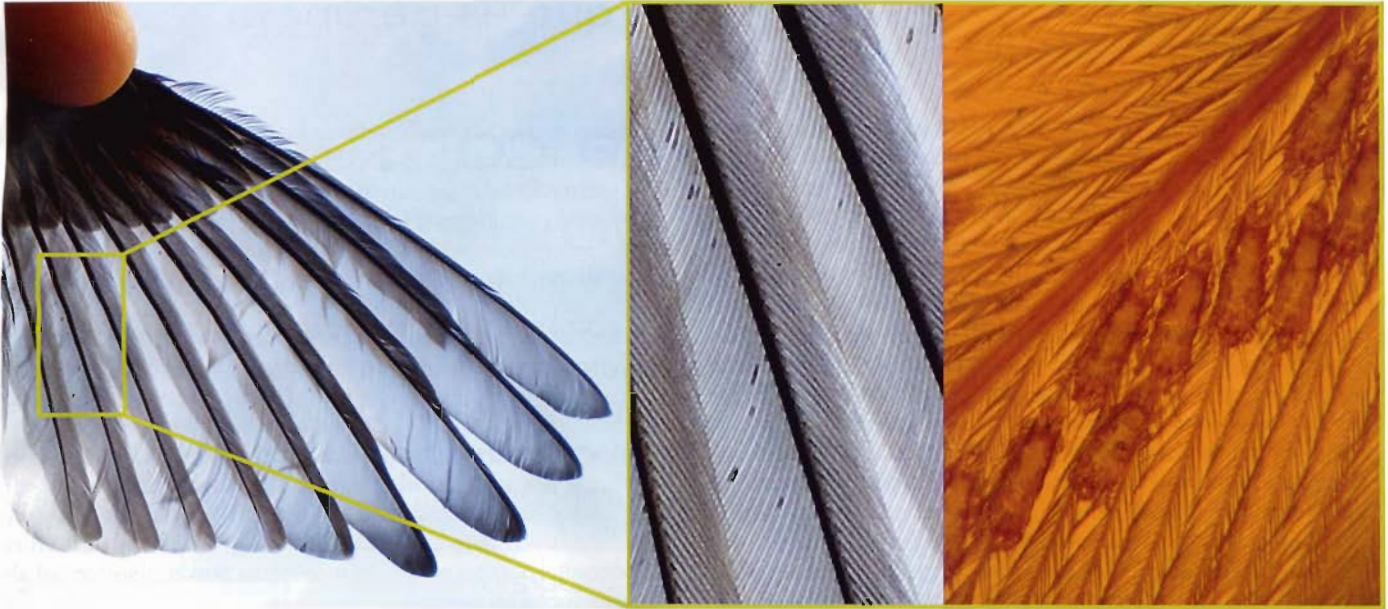
La mayoría de los ecosistemas terrestres se colapsarían si de repente los macro y microorganismos se divorciaran. Los grandes mamíferos ungulados no son capaces de producir las enzimas necesarias para digerir la celulosa de su alimento vegetal. Si han llegado a convertirse en uno de los grupos principales de consumidores primarios del planeta ha sido gracias a bacterias y protozoos. No es el genoma de ciervos, cebras o vacas, sino el de sus respectivos microbios digestivos, el que hace posible la degradación de la celulosa y permite a esos animales subsistir con dietas herbívoras. Una asociación muy parecida la encontramos en las termitas, cuyas multitudinarias colonias

son responsables de una parte sustancial del reciclado de madera y restos vegetales en latitudes tropicales. Las comunidades de protozoos y bacterias que hay en su tubo digestivo, no las termitas mismas, son las verdaderas artífices de su función descomponedora en los ecosistemas. Y siguiendo en la misma línea, ¿no es injusto atribuir a las larvas de escarabajos xilófagos el mérito de la degradación de la madera muerta de los bosques, cuando son los hongos que viven en su interior los que realmente digieren la madera?

Las plantas ofrecen también ejemplos de asociaciones entre grandes y pequeños. Las existentes entre raíces y hongos, conocidas como micorrizas, son especialmente importantes en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. La planta recibe agua y nutrientes aportados por los hongos. Éstos, a oscuras bajo tierra, obtienen a cambio hidratos de carbono procedentes de la fotosíntesis del vegetal. Algunas asociaciones con microbios son típicas de ciertas familias de plantas, como las que vinculan a las orquídeas con determinados hongos (micoheterotrofia) que son indispensables para la germinación de sus semillas, o a las leguminosas con bacterias especializadas en la fijación del nitrógeno atmosférico. Estas asociaciones posiblemente ayudaron al éxito ecológico y evolutivo de las dos familias, que cuentan con cerca de 40.000 especies entre las dos.

## FRONTERAS POR EXPLORAR

Los ejemplos anteriores forman parte del que podríamos llamar "elenco canónico" de asociaciones simbióticas entre macro y microorganismos. La mayoría de ellas se conocen de antiguo y ocupan lugares destacados en cualquier texto decente de ecología. Pero en la literatura científica proliferan las descripciones de nuevas interacciones complejas entre seres grandes y pequeños, sugiriendo que sólo hemos visto hasta ahora la punta de un inmenso iceberg. Algunos de estos descubrimientos recientes implican a los humanos e ilustran muy bien hasta dónde puede llegar la complejidad de esas interacciones. En un trabajo publicado en *Nature* en abril de 2010 (1), científicos de la Universidad Pierre et Marie Curie (París) demostraron que la capacidad de los japoneses para digerir las algas tan frecuentes en su dieta es en realidad un rasgo de sus microbios digestivos, algunos de



los cuales incorporaron genes procedentes de bacterias marinas que digieren algas de las que habitualmente se usan para confeccionar el sushi. O sea, un gen de un microbio marino comedor de algas pasó a un microbio que vive dentro del intestino de un japonés, lo que le permitió –al japonés– convertirse en un comedor habitual de algas. En los sistemas naturales también se van descubriendo nuevas asociaciones entre grandes y pequeños cuyo conocimiento enriquecerá nuestra comprensión de la naturaleza. Veamos un par de ejemplos cercanos.

En las alas de las aves no sólo hay plumas. Si extendemos el ala de un pájaro y la miramos a contraluz, probablemente descubriremos algunas motas oscuras en las plumas de vuelo (rémiges), como las que se perciben tenuemente en la primera fotografía. Usemos una lupa de mano para verlas mejor. Aparecerán unas minúsculas criaturas apiñadas a lo largo de las barbas.

Son ácaros de las plumas, pertenecientes a un grupo denominado técnicamente Astigmata que contiene miles de especies. Todas ellas tienen en común su asociación permanente con las plumas de las aves. Cada acarito mide menos de medio milímetro y en un ala tan pequeña como la del reyezuelo listado (*Regulus ignicapillus*), cuyo detalle se muestra en la fotografía, pueden llegar a vivir miles de ellos. Su comportamiento es muy sofisticado: mediante algún mecanismo de redistribución todavía desconocido, el conjunto de ácaros que viven en un mismo pájaro se reparte por igual entre las dos alas, como demostraron Roger Jovani y David Serrano (2), investigadores de la Estación Biológica de Doñana (CSIC). Distintos individuos de una misma especie de ave pueden tener distribuciones de ácaros muy diferentes, pero siempre se mantiene la simetría entre ambas alas. Los mismos investigadores demostraron también que, cuando el pájaro hospedador está mudando las plumas, los ácaros notan si su pluma está a punto de caer (posiblemente por la vibración cuando empieza a despegarse) y la abandonan, trasladándose a la pluma vecina (3). La utilidad de este comportamiento está clara: si siguiesen sobre la pluma cuando ésta se

A la izquierda y en el centro, ala de lavandera blanca (*Motacilla alba*) con ácaros en las rémiges (motitas oscuras). A la derecha, detalle muy ampliado de una densa agregación de ácaros en el ala de un reyezuelo listado (*Regulus ignicapillus*), una de las aves más pequeñas de nuestra fauna (fotos: Roger Jovani y David Serrano).

desprende, morirían. Aún queda mucho por descubrir sobre esta relación entre ácaros y aves: ni siquiera se sabe con detalle qué comen los ácaros, si son beneficiosos, neutros o perjudiciales para los pájaros, o si su evolución ha estado ligada a la de sus hospedadores.

Las flores no sólo tienen pétalos, polen o néctar. Si colocamos una gotita de néctar floral bajo el objetivo de un microscopio, es probable que aparezca una miríada de células como las que vemos junto a la foto del gladiolo (*Gladiolus illyricus*). Son levaduras, pero no levaduras de las que usamos para producir pan o



A la izquierda, inflorescencia de un gladiolo silvestre (*Gladiolus illyricus*) en cuyo néctar floral podemos encontrar densas poblaciones de la levadura nectarívora *Metschnikowia reukaufii*, que aparece ilustrada en la agregación de la derecha (fotos: Clara de Vega y Carlos M. Herrera).

vino, sino levaduras silvestres especializadas en vivir en flores, traídas y llevadas por los insectos polinizadores, como ya relaté en el número 269 de *Quercus* (4). Aparte de que están en el néctar muy frecuentemente, de que proliferan con inusitada rapidez y de que son capaces de consumir casi por completo el azúcar del néctar en muy pocas horas, poco más sabemos de su relación con las plantas. No sabemos, por ejemplo, si su presencia afecta al comportamiento de los polinizadores o repercute sobre la reproducción de las plantas. Tampoco sabemos por qué nunca están en las flores de ciertas plantas, mientras que son muy abundantes en las de otras, como los gladiolos de la fotografía. Ni tenemos todavía respuesta para la pregunta más obvia: ¿dónde pasan el invierno, cuando no hay flores?

### MIRAR Y NO VER

Los dos sistemas anteriores, formados por organismos grandes y pequeños, son comunes a nuestro alrededor. Un observador curioso sólo necesitará una lupa de mano o un microscopio barato para asomarse a ellos, pero únicamente si ha sido advertido antes de su existencia. El pequeño tamaño del participante menor es una barrera sensorial que limita nuestra capacidad para detectar y comprender los sistemas formados por macro y microorganismos. Hace años, cuando cada temporada pasaban por mis manos centenares de pájaros, permanecí siempre ajeno a los minúsculos inquilinos que se ocultaban en sus alas. Después, cuando me ocupé de estudiar el néctar floral de algunas plantas, tampoco pasó por mi cabeza que los néctares pudieran estar tan habitados. Eso lo descubrí hace muy poco. Pero quizá la barrera más importante es la esterilizante tendencia a creer que todo lo importante está ya descubierto y que sólo podemos aspirar a refinar los hallazgos de nuestros predecesores.

Hacia finales del siglo XIX, la sección de Física de la Universidad de Chicago, liderada por Albert Michelson (1852-1931), futuro premio Nobel por determinar la velocidad de la luz, informaba a sus estudiantes de que las leyes de la naturaleza estaban ya bien establecidas y que quedaba poco por investigar, excepto calcular más cifras decimales a las constantes físicas fundamentales. Esto fue dicho en vísperas de las revoluciones relativista y cuántica. Percibo una actitud parecida en muchos de mis colegas ecólogos, más afanados en añadir cifras decimales a procesos ecológicos archiconocidos que en descubrir fenómenos nuevos. Mientras, ahí fuera, sigue esperándonos todo lo que aún no sabemos ver aunque miremos. ♣

### Agradecimientos

A Roger Jovani, por enseñarme que las alas de los pájaros tienen algo más que plumas.

### Bibliografía

- (1) Hehemann, J.H. y otros: *axteres* (2010). Transfer of carbohydrate-active enzymes from marine bacteria to Japanese gut microbiota. *Nature*, 464: 908-912 (disponible en doi:10.1038/nature08937 Letter).
- (2) Jovani, R. y Serrano, D. (2004). Fine-tuned distribution of feather mites (Astigmata) on the wing of birds: the case of blackcaps *Sylvia atricapilla*. *Journal of Avian Biology*, 35: 16-20 (disponible en doi: 10.1111/j.0908-8857.2004.03213.x).
- (3) Jovani, R. y Serrano, D. (2001). Feather mites (Astigmata) avoid moulting wing feathers of passerine birds. *Animal Behaviour*, 62: 723-727 (disponible en doi: 10.1006/anbe.2001.1814).
- (4) Herrera, C.M. (2008). Ladrones florales invisibles (un homenaje a Leeuwenhoek). *Quercus*, 269: 6-7.