



8.
El
plumaje
como
bioindicador
de
calidad
ambiental

8. El plumaje como bioindicador de calidad ambiental

Darwin (1859) basó su teoría de evolución en la premisa de que la selección natural promueve el mantenimiento y diseminación de los rasgos que aumentan la supervivencia y fecundidad de los individuos. Darwin (1871), además, reconoció que existen una serie de rasgos como los llamativos ornamentos y los costosos armamentos de los machos de muchas especies que, a pesar de no aumentar la supervivencia, estaban muy extendidos. Estos rasgos eran tan diferentes de los que evolucionan por selección natural que para explicar su existencia tuvo que invocar un nuevo mecanismo, que denominó selección sexual, del que ya hemos hablado en el sexto capítulo. Estos rasgos evolucionarían al ser escogidos por las hembras y porque los machos que los tienen compiten mejor con otros machos a la hora de encontrar una hembra o ser escogidos por ella (Andersson, 1994).

Pese a su importancia, la teoría de la selección sexual estuvo olvidada durante muchos años. Recientemente, con la aparición de la ecoetología, la selección sexual está ocupando un lugar prominente en el campo de la investigación (Gross, 1994). Como ya hemos visto, uno de los descubrimientos más importantes en la selección sexual es que los ornamentos proporcionan una información muy fiable sobre la condición física del individuo. La cola de los machos de las golondrinas, por ejemplo, consigue una longitud máxima sólo cuando los machos están libres de parásitos y tienen acceso a abundante alimento (Møller, 1994). Las hembras utilizan estos ornamentos para valorar la condición física y calidad de los machos con los que se quieren emparejar, ya que una buena elección permitirá a la hembra criar más hijos y de mejor calidad (Andersson, 1994).

La idea de utilizar seres vivos como indicadores de calidad ambiental no es nueva: los tejidos animales son utilizados desde hace tiempo para medir el grado de contaminación ambiental (Rosenberg & Resh, 1993), y los cambios de densidad poblacional de varias especies animales han sido utilizados como señal de variaciones de la calidad ambiental (Freedman, 1989). A pesar de su utilización generalizada, hasta ahora, estas aproximaciones solamente permitían detectar cam-

bios drásticos del ambiente. Por ejemplo, cuando se detectaba que la cáscara de los huevos de las rapaces era considerablemente más delgada en una zona determinada, el ambiente había llegado ya a una importante degradación (Freedman, 1989). El hecho de que los ornamentos dependan mucho de la condición física del individuo y de que sean extremadamente sensibles a los cambios del ambiente (Møller, 1994) los hace ideales como barómetros ambientales (Hill, 1995): una disminución sutil de la calidad ambiental puede provocar una rápida reducción en la expresión del ornamento en la población, cuando todavía hay tiempo de actuar en busca de alguna solución.

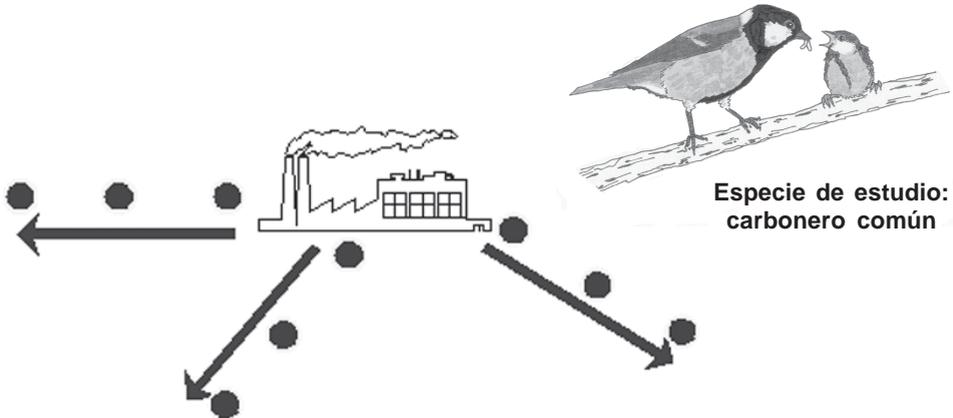
En el presente capítulo se quiere incidir en esta aplicación o uso del plumaje. En un mundo cada vez más sensibilizado por el medio ambiente y su problemática, la ecoetología tiene mucho que aportar (Emlen, 1998) y este capítulo quiere ser un ejemplo.

La polución y el amarillo de los carboneros

En los capítulos anteriores hemos visto como los carboneros obtienen los carotenos necesarios para desarrollar el amarillo de su plumaje a partir de la ingestión de orugas (Partali et al., 1987). La abundancia de estas orugas se ve afectada por el grado de polución ambiental: cuanto más próximos estemos a un foco de polución, como puede ser una fábrica de fertilizantes o una central térmica, menor será la densidad de estos insectos (Eeva et al., 1997). Dada la relación entre todas estas variables, era lógico pensar que el amarillo de los carboneros estaría relacionado con el grado de polución. En el verano de 1996, Tapio Eeva, Esa Lehikoinen y Tuija Pahjalainen, de la Universidad de Turku, Finlandia, iniciaron un estudio en este sentido (Eeva et al., 1998). El trabajo se realizó en los alrededores de una fábrica de fertilizantes situada en el suroeste de Finlandia; análisis previos habían demostrado como el componente de SO_2 y metales pesados aumentaba al aproximarse a la fábrica. Eeva y sus compañeros escogieron diez localidades de estudio situadas a diferentes distancias de la fábrica. En cada una de dichas localidades, sometida a diferentes niveles de polución, establecieron 50 cajas nido en las que criaron los carboneros. Cuando los pollos tenían 15 días de edad les midieron el amarillo del cuerpo. Los resultados fueron muy claros: la intensidad del amarillo aumentaba al alejarse de la fábrica (fig. 8.1), confirmando el valor del color del plumaje como bioindicador.

El medio urbano se considera, en general, más polucionado y de menor calidad que otros medio naturales (Schmidt & Einloft-Achenbach, 1984; Horak, 1993; Eeva et al., 1997). En 1998, desde el Museo de Zoología de Barcelona, de manera similar al trabajo anterior desarrollado en Finlandia, pensamos en demostrar que la intensidad del amarillo de los carboneros reflejaría la calidad del hábitat urbano. Con trampas especiales (Senar et al., 1997) capturamos carboneros en la zona suburbana de Barcelona y en la cercana sierra de Collserola, en un hábitat natural en el que se mezclaban encinas, robles y pino blanco. La comparación de las dos zonas confirmó que los carboneros capturados en el hábitat natural eran mucho más amarillos que los de la zona suburbana de Barcelona. Se confirmaba, en otro contexto, el valor de barómetro ambiental del plumaje.

Hipótesis: el grado de contaminación de una zona determinada reduce la calidad de los individuos que habitan en ella



Diseño *quasi* experimental en el cual se establecen estaciones de muestreo del color de los pollos de carbonero común a diferentes distancias de la fábrica

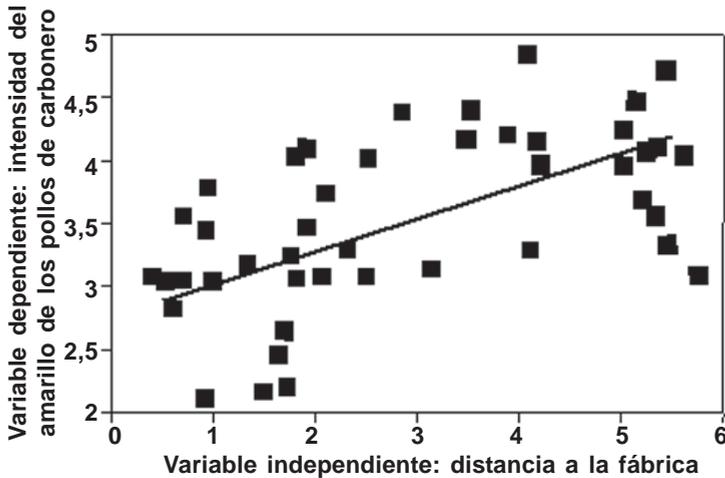


Fig. 8.1 – Tapio Eeva, Esa Lehtikoinen y Tuija Pahjalainen (Eeva et al., 1998) estudiaron cómo afectaba la distancia a una fábrica de fertilizantes, en el suroeste de Finlandia, a la coloración de los carboneros. A diferentes distancias de la fábrica colocaron grupos de cajas nido y, una vez nacidos los pollos, midieron su color. Como se puede ver en la figura, los carboneros eran más amarillos cuanto más lejos habían nacido de la fábrica.

Asimetría fluctuante: la cola de las golondrinas de Chernobyl

La mayoría de animales son simétricos: un eje imaginario separa bilateralmente el lado derecho del izquierdo, que son equivalentes. Esta simetría, sin embargo, no es del todo perfecta. Muchos de nosotros hemos experimentado, por ejemplo, al ir a comprarnos unos zapatos, que uno de nuestros pies es ligeramente mayor que el otro. Esta pequeña desviación de la perfecta simetría bilateral es lo que denominamos asimetría fluctuante (Møller & Swaddle, 1997), que se manifiesta en mayor o menor grado en todos los rasgos de todos los organismos, pero especialmente, y esto es importante, en los ornamentales. El grado de asimetría fluctuante de los diversos ornamentos es en gran parte resultado del estrés ambiental al que el animal está sometido durante su desarrollo. Por este motivo, la asimetría fluctuante podría ser utilizada como medida de la calidad del ambiente (Hill, 1995; Møller & Swaddle, 1997).

Anders Møller ha sido pionero en el desarrollo del concepto de asimetría fluctuante. En 1991 se trasladó a las inmediaciones de Chernobyl, donde tuvo lugar, en 1986, el tristemente famoso desastre nuclear soviético. Møller midió las colas de las golondrinas, un importante rasgo ornamental, en dos áreas: una en el mismo sitio del accidente nuclear, y otra a 100 kilómetros, en una zona no afectada por la radiación debido a las direcciones predominantes de los vientos. Los machos de la zona contaminada presentaban mayor asimetría fluctuante en la cola que los que no habían sido contaminados (Møller, 1993). Para demostrar este hecho de forma todavía más contundente, midió las colas de los machos de golondrina conservados en museos y que habían sido capturados en Chernobyl antes del desastre de 1986, pudiendo comprobar que, efectivamente, tenían las colas más simétricas que las medidas después del escape nuclear. Estas diferencias no aparecían en la asimetría de la longitud del ala o de la longitud de la cola de las hembras, rasgos que no son ornamentales. En su reciente libro, Anders Møller y John Swaddle nos proporcionan diferentes ejemplos sobre la aplicabilidad de la asimetría fluctuante (Møller & Swaddle, 1997).

Las barras de crecimiento de la cola

En el primer capítulo hemos visto como el proceso de crecimiento de las plumas conduce a la formación de unas bandas de queratina oscuras y claras que se van alternando. Estudios con animales cautivos, a los que se les variaba la cantidad de alimento suministrada (Grubb, 1991), y con animales en estado libre, a los que se les añadía alimento complementario (Grubb & Cimprich, 1990; Waite, 1990), han demostrado que la anchura de estas bandas varían en función de la condición nutricional del individuo. Esta estrecha dependencia entre el desarrollo de un rasgo y la condición física del animal es uno de los principales aspectos que dan valor a los ornamentos sexuales como bioindicadores ambientales, y aun cuando para muchas especies la longitud total de las plumas de la cola no sea un ornamento sexual, su tasa de crecimiento siempre puede ser utilizada como bioindicador de la calidad del hábitat en el que el animal se desarrolla. Thomas Grubb, de la Universidad de Ohio, fue el primero en proponer esta utilización aplicada de la ptilocronología (Grubb, 1989b, 1995). Grubb, juntamente con Reuven Yosef (Grubb

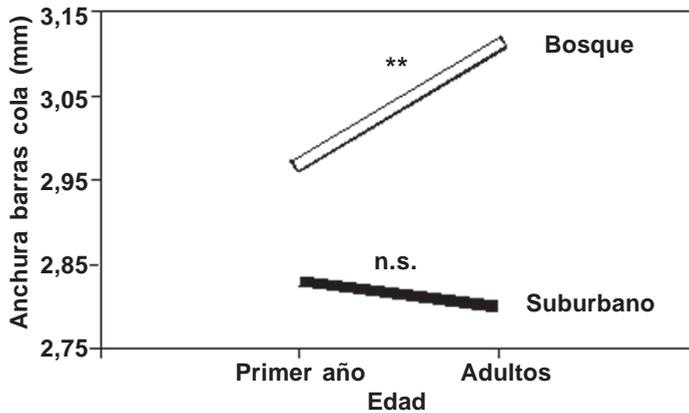


Fig. 8.2 – Las barras de crecimiento de la cola de los carboneros comunes (foto 16) del área suburbana de Barcelona son ostensiblemente menores que las desarrolladas en bosques próximos de la sierra de Collserola (Senar & Domènech, in prep). Estos datos ejemplifican la utilidad de la ptilocronología para valorar la calidad de los diferentes hábitats.

& Yosef, 1994), compararon, en alcaudones americanos, la anchura de las barras que estos desarrollaban en hábitats constituidos por campos de cítricos y pastos naturales. Los campos de cítricos son *a priori* de menor calidad que los pastos, ya que en el otoño, justamente durante el periodo de muda, los campos son fumigados con insecticidas, lo que puede reducir la disponibilidad de alimento para los alcaudones, al tiempo que la toxicidad de los compuestos utilizados les puede afectar directamente retrasando el crecimiento de las plumas. Los resultados del estudio fueron muy claros: las barras de crecimiento de la cola eran más amplias en la zona de pastos que en los campos de cítricos. El método ha sido también útil para comprobar la mayor calidad de las zonas de cañizos de juncos respecto a las zonas de marisma salobre (Yosef, 1996), o las zonas de bosques con relación a las zonas suburbanas (Senar & Domènech, in prep) (fig. 8.2).

Puesto que si a un pájaro se le arranca una pluma de la cola, esta empieza a crecer inmediatamente, la ptilocronología puede ser utilizada para valorar hábitats en periodos específicos del año. En el otoño de 1994 iniciamos, juntamente con Luis M. Carrascal e Ingrid Mozetich, del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, un estudio para evaluar si las zonas de alta montaña eran de menor calidad para la invernada de los carboneros comunes que la zona mediterránea, bañada por el mar y con una tradicional bonanza climática. Los pájaros fueron capturados durante dos periodos: una primera captura a principios de noviembre, en la que se les extraía una rectriz, y otra a mediados de diciembre, en la que se les extraía la rectriz crecida durante el otoño. La comparación de las bandas de crecimiento de las plumas inducidas a crecer durante el otoño demostró que, durante aquel periodo, el hábitat mediterráneo es de mayor calidad para los carboneros comunes que no las duras zonas de alta montaña (Carrascal et al., 1998).

Un campo prometedor

Los diferentes ejemplos comentados sugieren que el color y el crecimiento de las plumas pueden tener un importante valor como bioindicadores de la calidad ambiental. Esta aplicación de las plumas está todavía en sus inicios y hay muchos aspectos que aun son desconocidos. No sabemos cómo pueden afectar las diversas condiciones ambientales a los diferentes tipos de ornamentos y, por otra parte, no se ha podido identificar todavía cuáles son las mejores especies ni cuáles son los mejores caracteres para ser utilizados como bioindicadores. Al ser los insectos muy sensibles al grado de polución, una especie insectívora como el carbonero común puede ser adecuada para monitorizar la calidad ambiental de zonas suburbanas. En cambio, una especie frugívora y granívora como el pinzón mejicano encontrará en los medios suburbanos más recursos y desarrollará más ornamentos que en su medio natural, por lo que no resultará una especie adecuada para este objetivo (Hill, 1995).

Para una eficiente utilización del plumaje como herramienta medioambiental, en los próximos años hemos de centrar nuestros esfuerzos en diferentes puntos: (1) Identificar las especies y los ornamentos potencialmente más útiles; (2) Estudiar de forma exhaustiva cómo pueden afectar los diferentes tipos de perturbaciones ambientales a la expresión de los ornamentos, comparando diferentes tipos de hábitats o zonas ambientalmente estresadas respecto a zonas naturales; (3) Llevar a cabo rigurosos experimentos controlados que nos permitan establecer relaciones causales entre el crecimiento de las plumas y los distintos factores que lo modulan.

Finalmente, no quisiera terminar el capítulo sin concienciar al lector de que la ciencia pura y la gente que investiga por el placer de descubrir el porqué de las cosas generan muchos de los descubrimientos que más tarde pueden tener una función aplicada. Si Darwin y tantos otros no hubiesen sentido curiosidad por la longitud de la cola del pavo real o por qué las hembras escogían a los machos más ornamentados, difícilmente se le hubiera ocurrido a nadie pensar que el número de ocelos de la cola del pavo real podría también indicarnos la calidad del hábitat en el que aquel individuo se desarrolló. En definitiva, que sin los capítulos anteriores, en el sentido más amplio, este capítulo no existiría.