



Camachuelo Pastel Bruno. Criadero: Paolo Melenchi.  
Foto: Alcedo.

## ASIMILACIÓN Y DEPOSICIÓN DE CAROTENOIDES EN EL CAMACHUELO COMÚN

Un ejemplo de la aplicación práctica a la Ornitología deportiva, desde la investigación científica

Texto: Antonio José Rodríguez Pérez

Ingeniero Agrónomo zootecnista

### Introducción

La fisiología, bioquímica y expresión externa de los carotenoides en las aves no están aún suficientemente estudiados. Entre los pioneros en este tipo de investigaciones cabe destacar a Brush, que en 1967 confirmó la conversión metabólica de una xantofila amarilla (isozeaxantina) en cantaxantina en machos de Pirlanga olivacea, ave de acusado dimorfismo cromático sexual: los machos, en época de celo, son rojos y las hembras tienen colores oliváceos.

Existen en la actualidad dos líneas de trabajo en este tipo de estudios. La primera mantiene que la variación en el acceso a la dieta de los carotenoides entre machos y hembras influye en el dicromatismo sexual. La segunda investiga las diferencias fisiológicas entre sexos, independientemente de la dieta, y su contribución al dicromatismo sexual. Las aves absorben los carotenoides a través del intestino, los transportan vía lipoproteínas a través de la sangre y a menudo los transforman antes de depositarlos en los tegumentos para su posterior paso a las plumas. Machos y hembras pueden diferir en la eficiencia de absorción pigmentaria, la circulación plasmático-lipoprotéica y el metabolismo enzimático de catalización. También se ha propuesto que las diferencias hormonales entre machos y hembras pueden influenciar los patrones de coloración carotenoides.

Este artículo trae a esta tribuna los



Camachuelo común. Criadero: Antonio Manzano.  
Foto: Miguel Mas

experimentos realizados en Italia con el Camachuelo común (*Pyrrhula pyrrhula*). Este trabajo pretendió conocer más en detalle cómo los carotenoides se depositan en las plumas y qué transformaciones sufren desde que son ingeridos.

### EL CAMACHUELO COMÚN Y SU COLOR ROJO

Un grupo de investigadores italianos dirigidos por R. Stradi han identificado y comparado los carotenoides presentes en las plumas del Camachuelo común (*Pyrrhula pyrrhula*), no sólo en ejemplares salvajes sino también en otros que se mantuvieron cierto tiempo en condiciones controladas de alimentación hasta que finalizaron la muda. Sus investigaciones han mostrado interesantes conclusiones para el mundo de la Ornitología deportiva, como a continuación voy a relatar.

Como ya sabemos, los individuos domésticos de esta especie mantienen sus colores rojizos tras la muda si en su alimentación se les aporta pastas de las denominadas de "factor" o "rojas". Muchos aficionados se habrán preguntado por qué es tan fácil pigmentar un Camachuelo común y tan difícil un Pardillo común (*Carduelis cannabina*) u otras muchas aves del género *Carduelinae*, que no conservan o mantienen levemente sus tonos rojizos o rosáceos en criadero respecto de los plumajes de los ejemplares silvestres.

Este hecho no había sido estudiado hasta la fecha ni su fundamento bioquímico desentrañado. ¿Por qué los machos de *Pyrrhula pyrrhula* domésticos conservan su color rojizo en situaciones controladas de alimentación?

Para poder realizar el experimento



se procedió a la captura de unos veinte camachuelos comunes machos, hecho que se produjo en la región de Lombardía (Italia), en noviembre de 1995. De éstos, se escogieron al azar seis machos, a los que se les controló la dieta durante tres meses, hasta la finalización de la muda. Para su alimentación, se usó una mezcla comercial de semillas, que fue "enriquecida" con 5 gramos por kilogramo de un extracto pigmentante amarillo (Xantinex-130), que contiene luteína como único carotenoide, en proporción de 130 mg por cada gramo de producto. Todas las semillas de la mezcla también fueron analizadas para conocer exactamente los pigmentos que aportaban, asegurando la falta de  $\beta$ -criptoxantina, hecho de crucial importancia para confirmar las hipótesis de cambios químicos que se producen desde la ingesta hasta la deposición en el plumaje.

Inmediatamente después de su captura, se extrajeron de manera aleatoria un determinado número de plumas

rojas y se cortaron las bárbulas para su posterior examen cualitativo y cuantitativo.

No describiré los análisis realizados por exceder la finalidad de este artículo, pero baste decir que éstos comprendieron multitud de disoluciones y análisis en diferentes aparatos para extraer y caracterizar los pigmentos, hecho éste que se realizó utilizando los perfiles espectrales de éstos en estado puro.

De los análisis se obtuvo que los carotenoides predominantes en las plumas eran la  $\alpha$ -doradexantina (20-40%), adonirubina (15-30 %) y astaxantina (15-25 %) y en menores cantidades cantaxantina (4-8 %) y papilioeritrina (0-15 %). Este último pigmento es también el carotenoide básico de la máscara roja de los diamantes de Gould (*Choloebia gouldiae*). En realidad, la  $\alpha$ -doradexantina es la responsable fundamental del típico color rojizo-rosáceo de los camachuelos comunes.

A destacar también que aparece la can-

Arriba: Macho de Camachuelo mexicano. Criadero: Vicente Llorca.

Foto: Miguel Mas.

Página siguiente: Pardillo sicerín.

Criadero: Daniel Brackevelt.

Foto: Alcedo.

taxantina, carotenoide con el cual estamos muy familiarizados, pero en cantidades muy pequeñas. ¿Será así en los ejemplares de criadero? Punto para la reflexión...

Estos experimentos controlados también se realizaron sobre otras especies para comprobar sus metabolismos pigmentarios, a saber *Carpodacus roseus* (Camachuelo róseo), *Carpodacus rubicilloides* (Camachuelo oriental), *Uragus sibiricus* (Camachuelo de cola larga), *Carduelis cannabina* (Pardillo común), *Carduelis flammaea* (Pardillo sicerín), *Loxia curvirostra* (Piquituerto común) y *Pinicola enucleator* (Camachuelo picogruoso). De todos ellos, la única especie que adquirió un ligero color rosado fue el *Carpodacus roseus* debido a la presencia de a-



doradexantina en cantidades significativas, mientras que el resto de individuos de todas las especies presentaron en su plumaje tonos amarillentos, lo que deja a las claras la incapacidad para transformar metabólicamente (oxidación) a partir de la dieta suministrada (rica fundamentalmente en luteína) los pigmentos necesarios para depositar sus típicos colores rojos o rojizo-rosáceos.

¿Y los camachuelos con dietas controladas? Pues los individuos que se mantuvieron hasta finalizar la muda presentaron estupendos colores rojizos debido a la presencia de dos pigmentos: la astaxantina y la  $\alpha$ -doradexantina, y esto es lo importante, a pesar de que estos carotenoides no habían sido incluidos en sus dietas. No apareció sin embargo la adonirubina, como era lógico esperar, ya que ésta se produce a partir de la  $\beta$ -criptoxantina, que como se ha comentado, no se suministró en la dieta.

El esquema 1 incluye las estructuras químicas de los carotenoides mencio-

nados y sus posibles conversiones hacia los carotenoides rojos.

Estamos pues, sin duda, ante una de las aves de fauna europea con mayor capacidad de transformación metabólica (oxidación) de pigmentos amarillos en rojizos, claramente superior a las comentadas especies de *Carduelinae*.

Lo realmente importante es que pueden mantener su color rojizo transformando luteína, que se encuentra por doquier en cualquier planta comestible, en  $\alpha$ -doradexantina (principal pigmento encontrado en los análisis de la población capturada). Además a través de la oxidación de la  $\beta$ -criptoxantina obtienen adonirubina, hecho que no ocurre en el resto de *Cardulinae* y que ha sido comprobado a través del aporte de dietas ricas en luteína y sin  $\beta$ -criptoxantina. Sólo en la especie *C. roseus* se produjo esta oxidación de manera parcial.

Como conclusiones de este trabajo los autores afirman que la luteína, zeaxantina,  $\beta$ -criptoxantina y el  $\beta$ -caroteno son los pigmentos básicos usados en la

naturaleza por los camachuelos comunes silvestres para la generación de los típicos colores rojizos de los machos ya que estos mismos pigmentos se encontraron también sin modificar estructuralmente en las hembras.

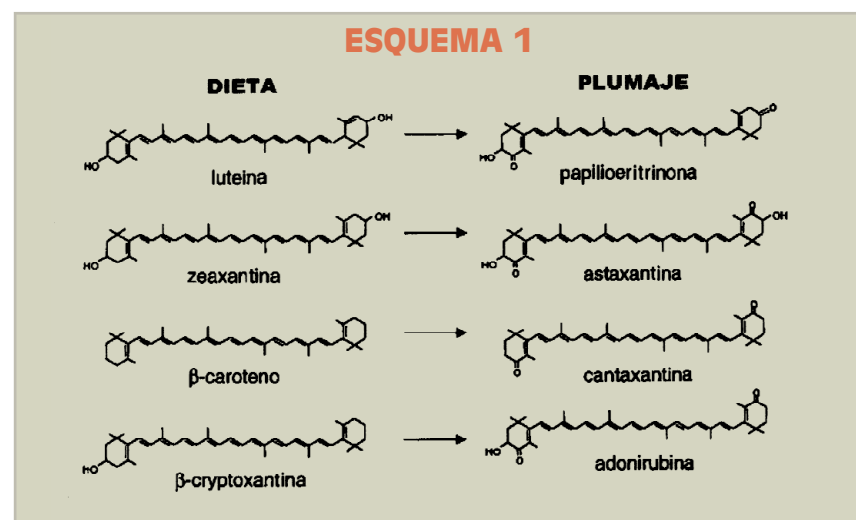
#### Algunas reflexiones...

Queda claro entonces que los camachuelos comunes silvestres aprovechan sin ningún problema los pigmentos amarillos que contienen hojas, flores, semillas, frutas y bayas para sintetizar pigmentos rojizos o rosáceos a pesar de que no los ingieran directamente. De este hecho se desprende que los camachuelos domésticos pueden conseguir colores rojos más brillantes y matizados a través de la ingesta de alimentos ricos en luteína, zeaxantina,  $\beta$ -criptoxantina y  $\beta$ -caroteno (ver revista Pájaros nº 61, pg 50-53).

Asimismo es destacable que se ha encontrado también cantaxantina en las plumas de los camachuelos silvestres. Este pigmento es el de mayor difu-



Híbrido de Jilguero x Camachuelo.  
Criadero: L. Clerici.  
Foto: Alcedo.



Arriba: Híbrido de Camachuelo común x  
Canario. Criadero: J. Etienne.  
Foto: Alcedo.  
Izq.: Esquema 1. Conversiones teóricas y  
rutas en la deposición de los carotenoi-  
des para el camachuelo común. Fuente:  
Stradi et al., 2001.

sión en la Ornitología deportiva de factor. Es de todo punto probable que éste sea prácticamente el pigmento mayoritario en el plumaje rojizo de los ejemplares domésticos, reemplazando a los otros cinco pigmentos posibles y presentes en los plumajes de los individuos salvajes. El efecto "reemplazo" también sucedió en experimentos realizados por McGraw con el jilguero americano. Este investigador suplementó con cantaxantina las dietas de machos y hembras de este maravilloso pájaro. Ambos

sexos depositaron este pigmento de manera mayoritaria respecto del resto de carotenoides. La concentración de cantaxantina fue muy superior en los machos respecto de las hembras, y en ambos casos se depositó sin modificaciones estructurales en las plumas. De aquí se deduce que la cantaxantina reemplazó de manera masiva, casi bloqueó la deposición de otros carotenoides, lo que provocó que los pájaros se tornaran anaranjados y perdieran sus típicos colores amarillentos.

Este hecho, en realidad, se podría extender a los cardenalitos de criadero y a sus descendientes del género *Serinus* (canarios de factor rojo). Esto significaría que la actual canaricultura de factor estaría fundamentada en torno a un único carenoide, la cantaxantina, de altísimo poder pigmentante. ¿Nos estaremos perdiendo la riqueza de matices (saturación, brillo, tono) que podrían aportar otros carotenoides, no sólo de color rojo sino también amarillos? ¿De qué sirve que el cardenalito le haya conferido al canario la capacidad de depositar carotenoides rojos y transformar los amarillos en rojos si ...,prácticamente, sólo la cantaxantina se deposita directamente sin transformación alguna en las plumas? Sería sumamente interesante conocer a través de análisis pigmentarios cómo varía la deposición de carotenoides a través de las sucesivas generaciones de canarios de factor conforme aumenta

la distancia genética respecto del cruce con el cardenalito. Mi impresión es que la capacidad pigmentante de la cantaxantina puede llegar a enmascarar la relación más o menos cercana al antepasado cardenalito. Un ejemplo claro de esto es el comentado caso del *Carduelis tristis*, que es capaz de adquirir tonalidades rojas cuando se expone a dietas ricas en pigmentos rojos, a pesar de ser un ave de fondo amarillo. Este hecho es más que suficiente para tener muy en cuenta el conjunto de granos, verduras y frutas que se aporten a las aves. Si por ejemplo hablamos de canarios de factor rojo, se tendrá en cuenta que gracias a la capacidad genética asimilada a través del cardenalito de Venezuela, estos canarios no sólo son capaces de asimilar y fijar los carotenoides rojos directamente sobre las plumas sino también son capaces de transformar los pigmentos amarillos en rojos. Por esta razón, las dietas deberían ser ricas sobre todo en todo tipo de pigmentos amarillos, por el realce que aportarían en el color de los pájaros.

Por otro lado, era bien conocido por muchos de nosotros y ahora ratificado por este trabajo, la dificultad, casi la imposibilidad, de reproducir los mismos colores rojizos o rosáceos en algunas especies como las que se han mencionado anteriormente. Sin embargo, sería posible conseguir tonos similares si utilizáramos la mayor cantidad de frutas y verduras posible. Por ejemplo, el famoso caso del pardillo común: la falta de color de los machos en época nupcial, cuando se reproducen en criadero. En realidad, necesitan dietas que posean  $\beta$ -criptoxantina y/o zeaxantina para potenciar sus matices rojizos, ya que estos pigmentos son los precursores que utilizan para obtener su típico color. Por eso, todo aquel que ha intentado pigmentar el pardillo con pastas comerciales, que prácticamente sólo utilizan cantaxantina, nunca han obtenido resultados. ¡Están utilizando el carenoide incorrecto, ya que éste no se encuentra en ningún pardillo silvestre! La única solución (parcial) es aportarles dietas muy ricas en verduras de hojas verdes, en especial coles rizadas, espinacas, acelgas, lechuga y brócoli (todas ellas ricas en luteína y zeaxantina), maíz (alto contenido en zeaxantina)

y papaya ó pimientos rojos, que contienen  $\beta$ -criptoxantina.

En el caso de los canarios de color habrá que distinguir entre fondo rojo o amarillo: los canarios de factor que posean una dieta más rica en carotenos amarillos tendrán un lipocromo rojo más rico en matices y menos artificial que aquellos que sólo hayan sido alimentados con carotenos rojos sintéticos, que se depositan directamente en las plumas a partir de la dieta. Además, la capacidad de asimilación y transformación de los carotenos amarillos en rojos es diferencial en machos y hembras y vinculada a la herencia genética que cada individuo posea del Cardenalito.

Los canarios que poseen lipocromo amarillo, en cualquiera de sus categorías, pueden potenciar asimismo sus colores con dietas ricas en pigmentos amarillos. En estos últimos hay que tener muy en cuenta el temido efecto "doré", hecho que se puede deber a dos causas: predisposición genética y dieta. La predisposición genética indicaría que al menos poseería un antepasado de la especie *Carduelis cucullata*, de manera que conservaría cierta capacidad metabólica para la transformación de los pigmentos amarillos en

rojos, capacidad que, además, se suele concentrar en ciertas zonas del cuerpo del ave. Este autor opina que la componente genética es mucho más importante que la dieta ya que a igualdad de alimentación, unos individuos lo manifiestan y otros no, lo cual no quiere decir que se descuide la alimentación a aportar.

#### Bibliografía

Brush, A.H., 1967. *Pigmentation in the scarlet tanager, Piranga olivacea*. *Condor* 69, 549-559.

K.J McGraw, G.E. Hill, R. Stradi, R.S. Parker, 2002. *The effect of dietary carotenoid access on sexual dichromatism and plumage pigment in the American goldfinch.. Comparative Biochemistry and physiology Part B* 131 (2002), 261-269.

R. Stradi, E. Pini, G. Celentano, 2001. *Carotenoids in bird plumage: the complement of red pigments in the plumage of wild and captive bullfinch (Pyrrhula pyrrhula).. Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 128 (2001), 529-535.