

Variedades de coloración en pelaje de mininos como respuesta a la expresión genética

José C. Segura-Correa^{1*}, Juan G. Magaña-Monforte¹, Ronald H. Santos-Ricalde¹,
Enrique Ek-Mex²

Introducción

Los mininos, o gatos domésticos, son muy populares entre la gente por ser animales de compañía y muchas veces éstos son seleccionados por el color de su pelaje o por sus características morfológicas, como la complexión y el tamaño. Debido a que es muy común encontrar distintos colores en el pelaje de estos animales surgen las preguntas ¿Por qué hay mininos con pelajes de distintos colores en una misma camada? ¿Por qué por cada camada las crías pueden tener patrones de rayas o manchas en pelaje con uno o varios colores?

En algunas razas de mininos existe una gran variedad de colores en pelaje, por lo que no debería sorprender que las variedades en color sean el resultado de la acción de genes y sus interacciones. Hay genes que controlan la presencia de pigmentos de diferentes colores, pero también hay otros genes que controlan la distribución de tales pigmentos, tanto a nivel individual como en todo el pelaje del animal. Cuando los genes son iguales en un locus determinado, por ejemplo, como **AA** o **aa**, se dice entonces que el individuo es homocigoto para ese par de genes. Sin embargo, cuando el individuo presenta dos diferentes alelos, por ejemplo, **Aa**, el individuo es heterocigoto. Los genes pueden ser dominantes o recesivos, por lo que un gen puede o no evitar la expresión del otro. Por lo tanto, el color del pelaje en los mininos dependerá del tipo de gen que se hereda del padre y de la madre.

Pigmentos que dan color al pelaje en mininos

Los mininos, y los animales domésticos en general, tienen dos pigmentos que dan color a su pelaje: el pigmento negro o **eumelanina** y el naranja o **pheomelanina**. La densidad de estos dos pigmentos, y su disposición a lo largo de la fibra del pelaje, así como su intensidad, son factores regulados por genes que originan una gran variedad de colores. Algunos genes modifican a otros. Por ejemplo, el gen que determina la tonalidad negra (**B**), cuyo genotipo es (**BB**) en un animal, puede convertirse en gris dependiendo de la combinación de dos pares de genes (p.e. **BBdd** o **Bbdd**) debido al gen recesivo de la dilución del color (**d**). Por otro lado, la tonalidad blanca (**WW** o **Ww**) ocasiona ausencia de color, la cual puede ser total o parcial. Existen además los genes con dominancia incompleta que se expresan cuando ninguno de los dos genes es totalmente dominante, y también están los genes codominantes que son los que permiten la expresión de ambos genes.

El patrón del color también es importante. Éste ocasiona que el pelaje en mininos tenga líneas verticales delgadas, o gruesas, y manchas grandes o pequeñas (Figura 1). Los mininos pueden presentar un color sólido, es decir un solo color sin líneas o manchas. Los mininos de color sólido pueden portar cualquiera de los genes para rayas o manchas (conocido como gen tabby o atigrado), que en ocasiones no son expresados porque el gen puede estar bajo control de otro gen conocido como agutí. Este gen agutí en estado homocigoto recesivo (**aa**), evita que se presente ese patrón de rayas o manchas.

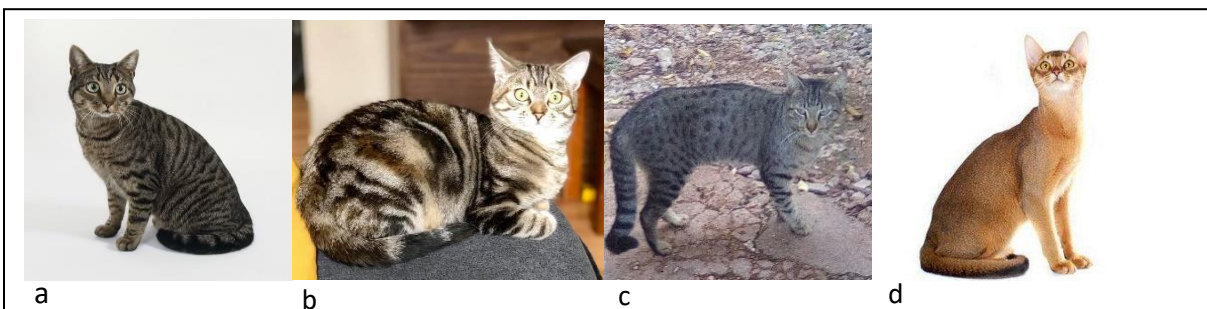


Figura 1. Mininos con pelaje atigrado en diferentes patrones (a. Mackerel = rayado, b. blotched = manchado, c. spotted = moteado, d. ticked = punteado).

La Tabla 1 enlista los genes, y su grado de dominancia, para el color del pelaje en mininos, así como sus correspondientes alelos (formas alternativas de los genes). De manera

general, los genes dominantes se representan con letras mayúsculas (**AA**) y los recesivos en minúsculas (**aa**). Existen también genes codominantes, es decir son aquellos en la que ambos alelos producen efectos distinguibles en el fenotipo (ejemplo, los mininos calicó).

Tabla 1. Genes y genotipo en mininos que expresan presencia o ausencia de colores y patrones en pelaje.

Gen	Nombre	Dominancia	Genotipo	Fenotipo
A	Agutí	Dominante	AA, Aa	Patrón agutí
a	No agutí	Recesivo	aa	Sin patrón agutí
B	Negro	Dominante	BB, Bb, Bb ₁	Color negro
b	Café	Recesivo	bb, bb ₁	Color café
b ₁	Canela	Recesivo	b ₁ b ₁	Color canela
C	Color completo	Dominante	CC, Ccs, Ccb, Cca, Cc	Pigmentado sin puntos
cb	Capa burnés	Codominante	cbcb, cbcs, cbca, cbc	Gatos burnés y tonkinés
cs	Capa siamés	Codominante	Cscs, csca, csc	Gato siamés
ca	Albino ojos azules	Recesivo	Caca, cac	Gato blanco, ojos azules
c	Albino iris rosado	Recesivo	cc	Blanco, ojos rosados
D	No dilución	Dominante	DD, Dd	Coloración sin dilución
d	Dilución	Recesivo	dd	Color diluido
I	Inhibe el color	Dominante	II, Ii	Color inhibido
i	No inhibe el	Recesivo	ii	Color no inhibido

color				
O*	Naranja	Dominante	OO, O_, Oo	Naranja o gata carey
o	No naranja	Recesivo	oo, o_	No naranja
S	Manchas blancas	Dominancia incompleta	SS, Ss	Bicolor, arlequín
s	Sin manchas blancas	Recesivo	ss	Capa sin blanco
T ^a	Tabby ticked	Dominante	T ^a T ^a , T ^a T ^m , T ^a t ^b	Patrón tabby abisinio
T ^m	Tabby mackerel	Dominante	T ^m T ^m , T ^m t ^b	Patrón atigrado
t ^b	Tabby clásico o blotched	Recesivo	t ^b t ^b	Patrón manchado
W	Gato blanco	Dominante	WW, Ww	Blanco dominante
w	No blanco	Recesivo	ww	Gatos sin blanco

*Gen ligado al cromosoma X; O_ es macho naranja; o_ es macho no naranja. El gen T^a es dominante a los alelos T^m y t^b. Un gato con el alelo T^a expresará el patrón ticked tabby (con bandas delgadas en piernas y cola si sólo posee un acopia del gen, y sin líneas en cualquier parte del cuerpo cuando tiene dos copias, T^aT^a) y sólo un gato con dos alelos t^b expresará el patrón tabby clásico.

Genética de mininos de dos o tres colores

De las variedades de color en el pelaje de los mininos existe un caso muy especial. Los mininos de tres colores, mejor conocidos como carey y calicó, los cuales son hembra. Para que un minino se considere tricolor, éste debe presentar tonalidades naranja o rojo, negro y blanco. El gen para el naranja se localiza en el cromosoma sexual X. Debido a que la hembra tiene dos cromosomas X, uno de éstos se inactiva al azar en cada célula y un minino hembra podrá expresar dos colores

al mismo tiempo (negro y naranja). En caso contrario, ya que el minino macho tiene un sólo cromosoma **X** (de la combinación **XY**), sólo podrá expresar negro o naranja, pero no ambos. Existen casos muy raros donde los mininos machos sean calicó (tres colores) y esto ocurre en gatos con la anomalía cromosómica **XXY**.

En mininos hembra calicó las manchas blancas se deben a la presencia del gen **S** (Manchas blancas), cuya expresión variará entre una gran extensión de blanco o muy poco blanco. En los mininos hembra calicó las manchas blancas aparecerán bien diferenciadas, pero en mininos hembra carey tendrá poco blanco entremezclado, que a veces no se aprecia. El gen para la presentación de manchas blancas en mininos hembra se localiza en un cromosoma no sexual (autosoma) diferente a los otros genes e interactúa con el gen del color del pelaje. La tonalidad blanca en pelaje de mininos se debe al gen **W-White** (blanco), localizado en un autosoma que produce la despigmentación completa del pelaje. Es un gen dominante sobre los otros genes.

El color del pelaje se debe a los genes que tengan los mininos en un momento dado, por lo tanto, considerando ocho pares de genes, el color y genotipo podrían ser los descritos en la Figura 2. Otros genotipos para mininos hembra calicó podrían ser $wwaaT^{mt^b}OoBBDdSsCc$, $wwAAT^{mT^m}OoBbDDsscc$, $wwAAT^{mT^m}OoBbDdsscc$ o $wwAAT^{mT^m}OoBbDdSscc$, etc.



Figura 2. Color y genotipo para coloración en pelaje de mininos hembra y macho de acuerdo con la expresión génica y sus combinaciones.

Minino con pelaje carey o tortuga

En mininos con pelaje carey o tortuga, tres colores (naranja, negro y blanco) están mezclados asimétricamente sin manchas, como los mininos hembra calicó (Figura 3). El pelaje carey también manifiesta colores diluidos (crema y gris azulado) que se presentan cuando el genoma tiene el gen recesivo “**d**” de la dilución (genotipo **dd**) que disminuye la densidad de la pigmentación. El genotipo de un minino hembra con el pelaje carey o tortuga podría ser $wwAAT^mT^mOoBBDdsscc$.



Figura 3. Minino hembra con coloración carey o tortuga en pelaje.

Mininos con pelaje tricolor atigrado o tabby

Para un minino hembra con pelaje tricolor atigrado se deben combinar los efectos del naranja y oscuro y el gen para manchas blancas, junto con el gen agutí (dominante **A**) y el gen tabby (Fig. 1d). Esta combinación de genes y alelos sólo es posible en mininos hembra. Sin embargo, existen algunas excepciones y pueden encontrarse mininos macho tricolores. La excepción más común es aquella dada por una anomalía genética cuando el minino tiene tres cromosomas (**XXY**) sexuales en lugar de los dos comunes (**XY**). Esto se conoce como el síndrome de Klinefelter, donde los mininos portadores suelen ser estériles. El patrón de pelaje tabby o atigrados depende de la participación del gen agutí, con alelos **A** y **a**, así como el gen tabby o atigrado con alelos T^a , T^m y t^b . Otra característica, aparte de las líneas y manchas del patrón tabby, es la presencia de una **M** en la frente de los mininos.

Conclusión

El color del pelaje en mininos obedece al efecto de varios genes, alelos y sus interacciones. El conocimiento de cómo estos genes interactúan en los cruzamientos es importante, especialmente para la diferenciación y posible formación de nuevas razas de mininos. Las frecuencias y formas de acción de los genes que determinan la expresión para el color del pelaje podría extrapolarse a situaciones de la herencia en otras especies de animales de compañía, como son los perros.

¹Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. ²Unidad de Educación Media Superior Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar. Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario 283.
*Autor de correspondencia: jose.segura@correo.uady.mx

Segura-Correa JC, Magaña-Monforte JG, Santos-Ricalde RH, Ek-Mex E. 2020. Variedades de coloración en pelaje de mininos como respuesta a la expresión genética. *Bioagrociencias* 13(2): 13-19.

Referencias

- Alley Cat Allies. 2018. A visual guide to identifying cats. Fecha de consulta 8/10/2020 en http://4fi8v2446i0sw2rpq2a3fg51-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2018/07/IdentificationBooklet_web.pdf
- Christensen AC. 2000. Cats as an aid to teaching genetics. *Genetics*. 155(3): 999-1004.
- Driscoll CA, Menotti-Raymond M, Roca AL, Hupe K, Johnson WE, Geffen E, Harley EH, Delibes M, Pontier D, Kitchener AC, Yamaguchi N, O'Brien SJ y Macdonald DW. 2007. The Near Eastern origin of cat domestication. *Science* 317: 519-523.
- Kaelin C y Barsh G. 2010. Tabby pattern genetics - a whole new breed of cat. *Pigment Cell and Melanoma Research* 23:514-516.
- Kurushima JD, Lipinski MJ; Gandolfi B, Froenicke L, Grahn JC, Grahn RA y Lyons LA. 2012. Variation of cats under domestication: genetic assignment of domestic cats to breeds and worldwide random-bred populations. *Animal Genetics* 44(3): 311-324.
- Lyons LA, Imes DL, Rah HC y Grahn RA. 2005 Tyrosinase mutations associated with Siamese and Burmese patterns in the domestic cat (*Felis catus*). *Animal Genetics* 36: 119-126.
- Peñuela M, Pardo E, García VH y Cárdenas H. 2016. Coat genetic markers of the domestic cat *Felis catus* (Felidae) from southwestern Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 21(2):5390-5403.