

ANÁLISIS DE LA TRANSMISIÓN DEL COLOR DE CAPA EN EL CABALLO

Descripción

Los tres genes que controlan las cuatro capas básicas del caballo: torda, castaña, negra y alazana interactúan entre sí y afectan al tipo de pigmento básico así como a su localización en el cuerpo del animal. El pigmento principal en el caballo, como en todos los mamíferos, es la melanina, que puede adquirir dos formas: eumelanina, de color negro y la feomelanina, de color rojizo.

Estos genes son:

- el gen Grey (*STX17*), que presenta dos alternativas o alelos: G y g, siendo G dominante y g recesiva. La variante G impide la retención del pigmento en el pelo, pero no afecta a la piel ni al resto del cuerpo, que está normalmente pigmentado. Los potros nacen oscuros y se aclaran con la edad en un proceso parecido al encanecimiento humano, acabando totalmente blancos. Para que un caballo muestre cualquier capa distinta de la torda, debe ser gg, todos los caballos GG o Gg son tordos, con independencia de cómo sean el resto de los genes de capa. Al tratarse de una duplicación de gran tamaño, su diagnóstico es difícil ya que, en las muestras que se toman sobre el terreno, el DNA suele estar fragmentado. Por ello, hemos recurrido a la detección de un SNP un gen vecino *INVS*, ligado a la mutación que, junto con el estudio de la genealogía, nos da una fiabilidad razonable en su diagnóstico.
- El gen Extension (*MC1R*), afecta al tipo de pigmento: eumelanina o feomelanina. Tiene dos variantes: E y e, siendo E dominante y e recesiva. Un caballo con, al menos, una dosis de la variante E (EE o Ee) tendrá pigmento negro, mientras que un caballo que sea ee tendrá sólo pigmento rojo y será alazán si, además, es gg.
- El gen *ASIP*, con dos alternativas: A y a, siendo A dominante y a recesiva, interviene en la localización del pigmento negro en el cuerpo del animal, no afectando al pigmento rojo. Así, los caballos que tienen al menos una dosis de A (AA o Aa), solamente presentan color negro en los cabos y extremos y serán castaños si, además son gg y tienen al menos una dosis de E. Los caballos aa, tiene en pigmento negro uniformemente distribuido por todo el cuerpo, y serán de capa negra si, además, son gg y tienen al menos una dosis de E.

Además de estos tres, hay otros genes importantes que determinan colores de capa frecuentes en muchas razas, un grupo de ellos, aclaran el color de capa y se denominan "genes de dilución", entre los que se encuentran, entre otros:

- El gen Cream (*SLC45A2*), que tiene puede presentar dos mutaciones, una de ellas, cuyo fenotipo se denomina propiamente Cream, presenta dos variantes: C y C^{Cr}, en los que una variante no domina sobre otra. En una sola dosis, CC^{Cr} aclara la capa castaña en el cuerpo, pero no en cabos y extremos, dando bayo (figura 5), también aclara la capa alazana, dando palomino y la negra dando cenizo. En doble dosis, C^{Cr}C^{Cr}, diluye todas las capas produciendo caballos muy claros, que se denominan genéricamente "albinos", aunque no son albinos verdaderos. Doble dosis del alelo C^{Cr}C^{Cr}, transforman el castaño a perlino, el alazán a cremello y el negro a crema cenizo. Hay otros genes de dilución de color menos frecuentes que producen capas claras similares a estas últimas. Una mutación distinta de este mismo gen es la denominada Pearl (Pr1), que tiene escaso o nulo efecto en una sola dosis, pero que en homocigosis produce un tipo de dilución cuyo fenotipo para la capa se denomina "isabelo" y en heterocigosis junto con el alelo C^{Cr} genera un tipo diferente de caballos "albinos".
- El gen Champagne (*SLC36A1*), cuya mutación dominante también produce otro tipo de dilución que transforma todas las capas, convirtiendo el pigmento negro en castaño y el rojo en dorado, afectando también a la crin y a la cola.
- Otros genes de dilución que producen capas relativamente menos comunes son el gen Dun (*TBX3*) y el gen Silver (*PMEL17*), aunque cada vez son más conocidas y apreciadas y han aparecido en la cabaña del caballo de Pura Raza Española, aportando un gran valor económico a los ejemplares que los poseen.
- Otro conjunto de genes de capa, que intervienen en la migración de los melanocitos durante el desarrollo embrionario, presentan mutaciones que producen capas manchadas, como Tobiano (*KIT*) y "Appaloosa" (*TRMP1*), que aparecen en ejemplares de múltiples razas.

En algunas razas selectas de caballos, como es el Pura Raza Española (PRE) el valor de un ejemplar varía mucho dependiendo de su capa y, consecuentemente, de las capas que puede transmitir a sus descendientes, por lo tanto, es interesante conocer su genotipo para los genes que determinan el color. La constitución genética o genotipo de un animal no varía a lo largo de su vida, por lo que, una vez conocida, ya no es necesario realizar más análisis de ese ejemplar.

¿Cómo funciona?

La constitución genética de los caballos se puede averiguar por dos métodos complementarios:

1. Estudio genealógico. Conociendo la capa de los ascendientes, descendientes y hermanos de padre y/o madre de un ejemplar, en algunas ocasiones se puede deducir su constitución genética completa y predecir la probabilidad de transmisión de las capas a su descendencia, siempre que se conozca también la constitución genética del ejemplar por el que se cruza.

2. Estudio molecular. A veces, sobre todo cuando se trata de ejemplares tordos como ocurre a menudo en la cabaña del Pura Raza Española (PRE), el estudio genealógico no es suficiente y es necesario recurrir a pruebas moleculares que distingan las variantes genéticas. A partir de muestras de sangre o pelo, se realiza un análisis específico de cada gen mediante la técnica de PCR multiplex, seguida de una reacción extensión de un nucleótido a partir de una sonda interna específica de cada fragmento amplificado (SNaPshot®). Las sondas de cada gen se diseñan de distinto tamaño para que se diferencien por su migración en el electroferograma. Así, por ejemplo, se puede saber si un caballo tordo es EE, Ee o ee, en los dos últimos casos, pudiendo dar descendencia alazana. También se puede saber si un caballo castaño puede dar descendencia negra, si es Aa y no AA. De igual manera, se puede averiguar si un tordo es portador de la variante CCr, y podría dar descendencia baya o incluso, cremellos (Figura 1).

El equipo de genética equina del Departamento de Genética de la Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid realiza los estudios genealógicos y ha puesto a punto las técnicas moleculares para detectar las variantes concretas para estos genes que porta un ejemplar. La combinación del estudio genealógico y molecular permite determinar la fórmula genética de los individuos para los genes que controlan la capa y predecir, aplicando el conocimiento del genoma del caballo, la capa de la descendencia en los cruzamientos en los que intervengan.

Los análisis genealógicos se realizan a partir de la carta de los ejemplares junto con los datos de sus ascendientes y descendientes, si los tuviera. Los análisis moleculares se llevan a cabo a partir de muestras de unos 30 pelos extraídos con bulbo de la crin o de la cola (se envía un folleto de instrucciones sencillas a los interesados).

Si un propietario conoce ya el genotipo de sus ejemplares y quiere conocer la probabilidad de transmisión de capa en uno o varios cruces, simplemente enviando las fórmulas genéticas de los animales se realizará un informe de probabilidad de transmisión, que tendrá un coste reducido, ya que no requiere análisis molecular.

Ventajas

En España, la mayoría de los estudios se realizan solo a nivel genealógico. El grupo de genética equina del Departamento de Genética de la Facultad de Biología de la UCM ha desarrollado protocolos moleculares que permiten determinar con exactitud la fórmula genética de los caballos. Este conjunto de técnicas hace mucho más fiable la predicción de la probabilidad de transmisión del color de capa y permite diseñar los cruzamientos a realizar cuando un ganadero está interesado en obtener descendencia con una capa concreta.

Se ha optimizado el protocolo de toma de muestras al máximo para hacerlo fácil a los usuarios. Por esta razón, se utiliza una muestra mínimamente invasiva como es el pelo, que no requiere refrigeración y se envía por correo ordinario.

¿Dónde se ha desarrollado?

La tecnología ha sido desarrollada en el propio laboratorio de Genética de la Facultad de Ciencias Biológicas, optimizando los protocolos para conseguir un máximo de efectividad y fiabilidad en los resultados.

El grupo de Genética Equina del Departamento de Genética de la Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid, está compuesto por dos profesoras y varios estudiantes. El grupo tiene una amplia experiencia en este tema, habiendo participado en proyectos financiados específicos de genética de caballos y publicado varios artículos científicos relacionados con el tema, en revistas internacionales tales como: Theriogenology y Animal Genetics, además de haber aplicado con éxito su técnica de diagnóstico durante desde 2008, como servicio externo de la UCM a numerosos clientes e instituciones como ANCCE (Asociación Nacional de Criadores de Caballo Español), responsable de la llevanza del Libro Genealógico de la Raza PRE.

Y además



Los resultados de los análisis se trasladan a los clientes en un informe técnico en el que se detallan los siguientes aspectos:

- Fórmulas genéticas de los individuos analizados
- Para cada individuo: probabilidad de transmisión de las capas en función de cada tipo posible de cruzamiento, de tal manera, que en cuanto se conoce el genotipo del otro parental, se puede obtener la probabilidad de cada capa en la descendencia.

En el video "CABALLOS COLOR DE CAPA: Diagnóstico genético y transmisión del color de capa", se explican las bases de la genética del color de capa y la utilidad de la aplicación de esta tecnología.

<https://www.youtube.com/watch?v=S9AsHiCbFz8>

Una entrevista en el programa de TVE "La Aventura del Saber" está también disponible en la siguiente dirección web:

<https://www.rtve.es/play/videos/la-aventura-del-saber/aventura-del-saber-13-02-13/1689516/>

Responsable de la investigación

Nombre y apellido: mparana@ucm.es
Departamento: Genética, Fisiología y Microbiología
Facultad: Ciencias Biológicas



