



Anexo Mendel a la Carta (Nº5)

Varios genes para un caracter y varios caracteres a partir de un gen

EPISTASIA: CARACTERES CONTROLADOS POR 2 O MÁS GENES

Hasta ahora hemos contemplado caracteres que dependen de un solo gen, con 2 o incluso más alelos por cada gen (alelomorfismo múltiple) que presentaban una relación de dominancia-recesividad (en la batalla por expresarse, el dominante es el más fuerte), de codominancia (ambos alelos se expresan a la vez, sin interferir uno en el otro, conviven), o de dominancia intermedia (el fenotipo que surge es intermedio en relación a los de los dos homocigotos, los dos alelos trabajan conjuntamente).

No obstante muchas otras características están controladas por más de un gen y, en estos casos se producen interacciones variadas entre los alelos de los genes de ambos *locus*, produciendo fenotipos diversos en función de tales interacciones. A esto se le llama **epistasia**.

Un ejemplo de epistasia, el más simple, es el que da lugar a **fenotipos excepcionales** y se corresponde con la forma de las crestas de los gallos (**Imagen 1**), donde, aun habiendo dos alelos que son uno dominante y otro recesivo, la combinación de los mismos puede dar lugar a dos fenotipos nuevos y completamente diferentes al homocigoto recesivo y al dominante.

Es sabido que cuando hacemos un cuadrado de Punnett para dos genes no ligados y que no tienen que ver con un mismo carácter (longitud de antenas, *A*, y de brazos, *B*, por ejemplo), siendo los progenitores heterocigóticos (*AaBb*), la segregación que observaríamos (la proporción de genotipos en los descendientes) es la de 9 (*A_B_*):3(*A_bb*):3(*aaB_*):1(*aabb*). Con la epistasia se pueden producir cambios en la segregación 9:3:3:1 con respecto a los fenotipos.

En la **Tabla 1** podemos comprobar diferentes relaciones epistáticas en los fenotipos indicados, dependientes de 2 *locus* con 2 alelos cada uno. En el primer caso son 4 los fenotipos posibles, 3 en el segundo y 2 en el tercero.

Genotipo	Cresta gallinas	Pelo perro Labrador	Color flores guisante
AA BB	Nuez	Negro	Púrpura
AA Bb	Nuez	Negro	Púrpura
AA bb	Roseta	Marrón	Blanco
Aa BB	Nuez	Negro	Púrpura
Aa Bb	Nuez	Negro	Púrpura
Aa bb	Roseta	Marrón	Blanco

aa BB	Guisante	Oro	Blanco
aa Bb	Guisante	Oro	Blanco
aa bb	Aserrada	Oro	Blanco

Tabla 1: relación entre genotipo posibles y fenotipos de tres caracteres epistáticos: la forma de la cresta de las gallinas, el color del pelo del perro de raza Labrador y el color de las flores de los guisantes.

Actividades sugeridas:

¿Podrías indicar qué tipo de relación epistática (y que tipo de segregación) entre alelos de ambos genes se da en cada caso?

Realiza un cruzamiento para F1 y F2 entre individuos de los 3 casos, donde el cruce parental sería entre homocigótico dominante (AABB) y homocigótico recesivo (aabb). Indica los genotipos y fenotipos de la F1 y de la F2 y la proporción de los mismos. Es de mucha ayuda realizar un cuadrado de Punnett para estos casos.

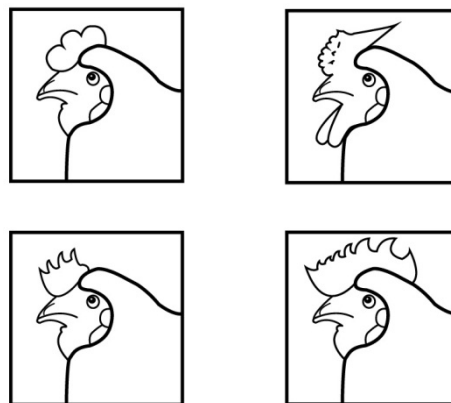


Imagen 1: los 4 fenotipos de cresta en gallinas: arriba-abajo; izquierda-derecha: Nuez, Roseta, Guisante y Aserrada

Caso de 3 genes con 2 alelos por gen para un carácter, y de más genes

En este caso, los genotipos posibles serían 27 y, en función de las relaciones epistáticas que se produjeran entre los diferentes alelos, los fenotipos posibles serían diferentes en mayor o menor número, pero siempre en nº menor al de genotipos.

Actividades sugeridas:

¿Podrías calcular los genotipos posibles para un carácter determinado por 4 genes, 2 de ellos con 3 alelos y los otros 2 con 2 alelos? Invéntate una interrelación epistática e indica el nº de fenotipos diferentes que podrían producirse en esa característica.

Idem para un carácter determinado por 6 genes, 2 de ellos con 4 alelos, otros 2 con 3 alelos y los otros 2 con 2 alelos.

¿Podrías encontrar una fórmula general aplicable al cálculo de genotipos posibles a todos los casos de epistasia?

La mezcla de Dominancia, Epistasis y Codominancia en los Grupos sanguíneos: Sistema ABO

Los grupos sanguíneos humanos del sistema ABO vienen determinados por unos alelos que sabemos que guardan una relación de codominancia entre ellos, y también guardan una relación de epistasia con otro gen, que es quién tiene la última palabra en cuanto a que se expresen o no el antígeno A y/o B (aunque los fenotipos donde se manifiesta la interacción son tan poco frecuentes -1 caso entre 13.000 aproximadamente y además localizados geográficamente- que casi podemos considerar que el carácter está determinado por un solo gen)

El gen que determina que se exprese o no el grupo sanguíneo A, B o AB está situado en el cromosoma 19, y codifica para el antígeno H (un glúcido que encontramos en la membrana de los glóbulos rojos). Éste sirve de base para lo que serían los antígenos A y B; en el caso de ser 00, sólo habría antígeno H. Es un gen bialélico, y sus alelos guardan una relación de dominancia-recesividad: tanto el genotipo HH como el Hh determina la presencia de tal antígeno. Sólo el hh no produce este antígeno.

Por lo tanto, una persona podrá tener un grupo sanguíneo A, B o AB siempre que se exprese el antígeno H (Hh o HH), y será O cuando, aunque se exprese el antígeno H, no haya expresión de A y B. Si no está presente el antígeno H (hh) que sirve de base los antígenos A, B, éstos no pueden acoplarse y las células sanguíneas no tendrían antígenos, y por lo tanto daría lugar a un fenotipo Bombay o falso 00 (**Imagen 2**).

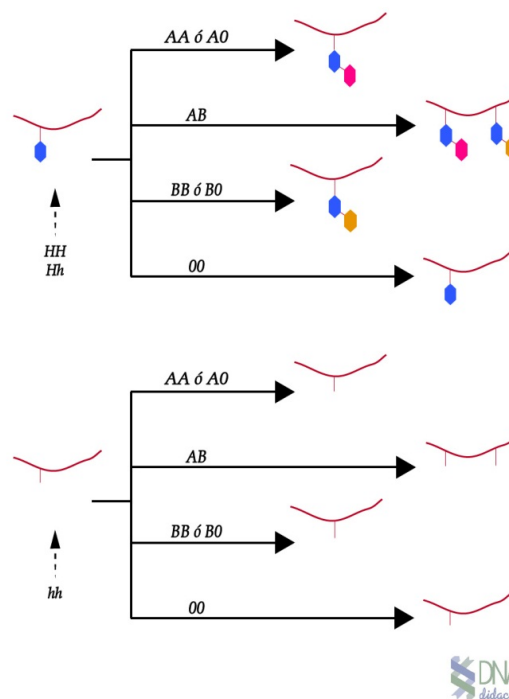


Imagen 2: si el genotipo para el antígeno H es HH o Hh , y para el grupo sanguíneo es AA , $A0$, AB , BB , $B0$, estos antígenos se podrán expresar. Si el genotipo para el antígeno H es hh , y para el grupo sanguíneo es AA , $A0$, AB , BB , $B0$, estos antígenos nunca se expresarán. Para el fenotipo en el que no hay antígenos (cuyo genotipo es 00), el Antígeno H puede estar presente, o bien no estarlo (fenotipo Bombay o falso 00).

El grupo O es donante universal puesto que el receptor no aglutinaría las células de la sangre recibida ya que éstas no tienen antígenos a los que atacar, pero sólo podría recibir de su mismo grupo ya que se sensibilizaría al recibir otros antígenos (A y/o B), aglutinando las células recibidas.

El grupo O Bombay, sin embargo, no puede recibir del grupo O normal ya que éste tiene antígenos H y sensibilizaría al O Bombay a la producción de anticuerpos anti-H, aglutinando las células recibidas. Sólo podría recibir de otro Bombay. No importa el tipo de Bombay puesto que los posibles antígenos A y/o B que pudiera producir por sus genes presentes no pueden acoplarse a las células sanguíneas y éstas no poseen ningún antígeno y, por tanto, el receptor no puede reaccionar si no hay nada en contra para hacerlo.

PLEIOTROPÍA

Otro fenómeno genético que se produce y en el que sólo interviene un gen es la **pleiotropía**. Son genes pleiotrópicos aquellos que determinan varias características a la vez, y que no tienen por qué esta relacionadas entre ellas. Vendrían a ser como una especie de interruptor que desencadena la actividad de otros genes.

En el caso de los extraterrestres y también en otros seres vivos, el sexo, por ejemplo, viene determinado por la presencia de un solo gen (*Sv* y *Sh*) que confiere a los individuos su identidad sexual con todo un conjunto de características fenotípicas asociadas. Se puede decir que este gen influye en múltiples características (igual que en la especie humana el grupo de genes exclusivo del cromosoma Y). Esto nos hace pensar que probablemente este gen o un pequeño grupo de genes, sean no sólo estructurales sino también reguladores. Y si ese gen queda bloqueado o desbloqueado por algún factor medioambiental en determinados momentos en que tiene que expresarse, podría tener efectos en el sexo resultante y ser afectados todos los otros caracteres sexuales secundarios en mayor o menor grado. También podría depender, incluso, de condiciones ambientales como también sucede en algunos seres vivos. (Ver Anexo N°9: “Determinación del sexo”).

